

**TUGAS AKHIR - MN141581**

**DESAIN *SELF-PROPELLED COAL BARGE* SEBAGAI  
SARANA ANGKUTAN BATUBARA RUTE TANAH MERAH  
(KALIMANTAN)-PLTU PAITON (JAWA)**

WHINDA ARI S.  
NRP. 4107 100 076

Prof.Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc, Ph.D.

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2015



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

---

**FINAL PROJECT - MN141581**

**DESIGN OF SELF-PROPELLED COAL BARGE AS MEANS  
OF COAL TRANSPORTATION FOR ROUTE TANAH  
MERAH (KALIMANTAN) - PLTU PAITON (JAWA)**

WHINDA ARI S.  
NRP. 4107 100 076

Prof.Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc, Ph.D.

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE & SHIPBUILDING ENGINEERING  
Faculty of Marine Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya  
2015

## LEMBAR PENGESAHAN

# **DESAIN *SELF-PROPELLED COAL BARGE* SEBAGAI SARANA ANGKUTAN BATUBARA RUTE TANAH MERAH (KALIMANTAN)-PLTU PAITON (JAWA)**

## TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Rekayasa Perkapalan - Perancangan kapal  
Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**WHINDA ARI S.  
NRP. 4107 100 076**

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Dosen Pembimbing



**Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.**

**NIP. 19601202 198701 1 001**

**SURABAYA, JANUARI 2015**



# **DESAIN *SELF-PROPELLED COAL BARGE* SEBAGAI SARANA ANGKUTAN BATUBARA RUTE TANAH MERAH (KALIMANTAN)-PLTU PAITON (JAWA)**

Nama Mahasiswa : Whinda Ari Sularti  
NRP : 4107 100 076  
Jurusan / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan  
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.

## **ABSTRAK**

Saat ini dengan semakin tingginya kebutuhan masyarakat dan industri akan listrik, maka semakin tinggi pula kebutuhan akan transportasi laut sebagai sarana pengangkut batubara untuk memenuhi kebutuhan PLTU. Dalam proses pengangkutannya perusahaan *supplier* batubara menggunakan *Bulk Carrier* dan beberapa *Tug and Barge*. Untuk pemenuhan kebutuhan pasokan batubara tersebut diperlukan sarana transportasi lain yang memungkinkan untuk tetap berlayar meskipun dalam keadaan cuaca buruk. Tugas Akhir ini bertujuan untuk membuat desain SPB pengangkut batubara dengan kapasitas muat 10.000 ton yang bisa digunakan sebagai alternatif untuk pengangkut batubara dari pulau Kalimantan ke pulau Jawa.

Perancangan kapal ini diawali dengan menentukan *owner requirement* dengan mengumpulkan data yang diperlukan. Dari *owner requirement* tersebut selanjutnya dilakukan perhitungan dan optimasi dengan menggunakan Solver dan biaya minimum pembangunan kapal (building cost) sebagai *objective function* dari optimisasi tersebut. Dari optimisasi tersebut didapatkan ukuran SPCB yang optimal dan memenuhi peraturan yang berlaku dengan panjang ( $L_{pp}$ ) = 100,47 m, lebar ( $B$ ) = 25,9 m, tinggi ( $H$ ) = 7,38 m, sarat( $T$ ) = 5,45 m dan harga kapal sebesar \$ 10.403.439,14. Dari data-data tersebut kemudian dibuat rencana garis dan rencana umum.

Kata Kunci : batubara, desain, kapal, optimasi, *self-propelled coal barge*, SPCB



# DESIGN OF SELF-PROPELLED COAL BARGE AS A MEANS OF COAL TRANSPORTATION FOR ROUTE KALIMANTAN – JAWA (PLTU PAITON)

Author : Whinda Ari Sularti  
ID Number : 4107 100 076  
Dept. / Faculty : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan  
Supervisor : Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.

## ABSTRACT

Nowadays, industries and societies demand of electricity are increasing, that makes sea transportation demand for coal transport is also increasing to meet the needs of power plant. Bulk carriers and tugs or barges are used to transport coal from supplier to power plant. To meet the needs of coal supply needed another means of transportation that allows to keep sailing in spite of bad weather. The objective of the final project is to design self-propelled barge (SPB) as a means of coal transport with loading capacity of 10.000 ton as an alternative to transport coal from Kalimantan to Java.

The design begins with determining ship owner requirement by collecting necessary data. Then, performed calculation and optimization using Solver with minimum cost of ship building as the objective function. Optimization results are optimal dimensions of Self-Propelled Container Barge (SPCB) and meet the regulations apply. The main dimensions of SPCB are as follows: length ( $L_{pp}$ ) = 100,47 m; width ( $B$ ) = 25,9 m; height ( $H$ ) = 7,38 m; Draft ( $T$ ) = 5,45 m; and the cost of ship construction is \$ 10.403.439,14. At last, lines plan and general arrangement are made.

Keywords : coal, design, ship, optimitation, *self-propelled coal barge*, SPCB



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada ALLAH Subhanallahi Wa Ta'ala karena atas limpahan karunia serta hidayahNya, Tugas Akhir yang berjudul **“Desain *Self-Propelled Coal Barge* Sebagai Sarana Angkutan Batubara Rute Tanah Merah (Kalimantan) – PLTU Paiton (Jawa)”** ini dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Ayahanda Erwianto (Alm) dan Ibunda Ningsih, orang tua terhebat dalam hidup penulis, atas cinta, kasih sayang, doa, bimbingan, pengorbanan dan segala pelajaran hidup sampai saat ini;
2. Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing atas kesabaran dan motivasi yang diberikan selama bimbingan pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
3. Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T. selaku Dosen Wali yang tak pernah lelah memberi dukungan, bimbingan dan motivasi selama penulis menempuh perkuliahan;
4. Rekan-rekan laboratorium komputer Jurusan Teknik Perkapalan Dedik, Fanie, Huda, Windra, Afandy, Septian, Mas Aka, Andik, Dimas, dkk atas semua bantuannya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini;
5. Rekan-rekan laboratorium hidrodinamika Mas Candra, Mas Wahyu, Mbak Anggra, Nourma, Intan dkk yang telah berbagi semangat mengerjakan Tugas Akhir;
6. Teman-teman Teknik Perkapalan FTK-ITS, khususnya keluarga TORTUGA P47 ITS, atas segala canda tawa, suka duka, dan segala kenangan selama penulis ada diantara kalian;
7. Sahabat seperjuangan, Aldya, Tiara, Sasha, Dita, Agustin, Sicillia dkk atas semua curhatan dan motivasinya;
8. Keluarga besar penghuni 3C/42, Wilda, Sheilia, Sherly, Iim atas semua bantuan dan motivasi yang diberikan.

Penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Besar harapan penulis agar Tugas Akhir ini dapat memberikan informasi dan manfaat sebanyak-banyaknya bagi penulis pada khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Surabaya, 7 Januari 2015

Penulis,

Whinda Ari S.



## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR REVISI .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERUNTUKAN .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	2
1.6 Hipotesis.....	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Desain.....	5
2.1.1 Concept Desain .....	6
2.1.2 Preliminary Desain.....	6
2.1.3 Contract Desain.....	7
2.1.4 Detail Desain .....	7



2.2	Kondisi Infrastruktur dan Pelabuhan Batubara .....	7
2.3	Self-Propelled Barge .....	9
2.3.1	Tinjauan Umum.....	9
2.3.2	Perbandingan Tongkang Propulsi Mandiri dengan Konvensional.....	10
2.3.3	Karkteristik Olah Gerak Tongkang Propulsi Mandiri.....	12
2.3.4	Stabilitas Barge .....	13
2.4	Perancangan Kapal Dengan Metode Optimisasi .....	13
2.4.1	Pengertian Optimisasi .....	13
2.4.2	Konstanta Optimasi Perencanaan Kapal .....	15
2.4.3	Batasan Optimasi Perencanaan Kapal.....	16
2.4.4	Variabel Peubah Optimasi Perencanaan Kapal.....	18
2.4.5	Fungsi Tujuan Optimasi Perencanaan Kapal .....	18
<b>BAB 3.</b>	<b>TINJAUAN DAERAH.....</b>	<b>19</b>
3.1	Sekilas Tentang Kabupaten Paser Kalimantan Timur.....	19
3.2	Laut Jawa.....	22
3.3	Paiton.....	23
<b>BAB 4.</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>25</b>
4.1	Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	25
4.2	Pengumpulan Data .....	26
4.2.1	Permintaan Owner .....	26
4.2.2	Kondisi Daerah Perairan .....	26
4.2.2	Kapal-kapal pembanding.....	26
4.3	Perhitungan Teknis.....	26
4.3.1	Penentuan ukuran utama kapal.....	27
4.3.2	Perhitungan Hambatan Total.....	27
4.3.3	Motor Induk.....	30



4.3.4	Perhitungan berat kapal .....	32
4.3.5	Perhitungan Titik Berat Kapal.....	36
4.3.6	Perhitungan Trim dan Stabilitas .....	37
4.3.7	Perhitungan <i>Freeboard</i> .....	43
4.3.8	Biaya Pembangunan Kapal/ <i>Capital Cost</i> .....	43
4.4	Optimasi .....	45
4.5	Ukuran Utama Optimum .....	46
4.6	Pembuatan Rencana Garis.....	46
4.7	Pembuatan Rencana Umum .....	47
<b>BAB 5.</b>	<b>ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>49</b>
5.1	Owner Requirement .....	49
5.2	Data Kapal Pembanding.....	49
5.3	Hambatan.....	50
5.3.1	Hambatan Gesek .....	50
5.3.2	Hambatan Gelombang.....	50
5.3.3	Hambatan Total .....	51
5.4	Machinery.....	51
5.5	Perhitungan Massa dan Titik Pusat Massa DWT .....	51
5.6	Perhitungan Massa dan Titik Pusat Massa LWT .....	54
5.7	Kapasitas Ruang Muat.....	58
5.8	Stabilitas .....	59
5.9	Trim .....	61
5.10	<i>Freeboard</i> .....	62
5.11	Tonase Kapal.....	63
5.12	Biaya.....	64
5.13	Batasan .....	66



5.14 Optimasi .....	68
5.15 Rencana Garis.....	70
5.16 Rencana Umum .....	73
<b>BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>81</b>
6.1 Kesimpulan.....	81
6.2 Saran.....	81
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>83</b>
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>BIODATA PENULIS</b>	



## DAFTAR GAMBAR

<i>Gambar 2-1 Diagram spiral design, Evans (1959)</i> .....	5
<i>Gambar 2-2 Self Propelled Barge</i> .....	9
<i>Gambar 2-3 Konsep dasar self propelled barge</i> .....	10
<i>Gambar 2-4 Manuver self propelled barge pada kondisi alur sempit dan perairan dangkal</i> .....	12
<i>Gambar 2-5 Manuver self propelled barge</i> .....	12
<i>Gambar 2-6 Ilustrasi barge stabil dan tidak stabil</i> .....	13
<i>Gambar 3-1 Peta Kabupaten Paser</i> .....	19
<i>Gambar 3-2 Terminal batubara PT Kideco</i> .....	22
<i>Gambar 3-3 PLTU Paiton</i> .....	23
<i>Gambar 4-1 Grafik perkiraan biaya berat baja per ton (Watson 1998)</i> .....	44
<i>Gambar 4-2 Grafik perkiraan biaya outfit per ton (Watson, 1998)</i> .....	44
<i>Gambar 4-3 Grafik perkiraan biaya permesianan per taon (Watson, 1989)</i> .....	45
<i>Gambar 5-1 Menu zero point (titik acuan) pada maxsurf</i> .....	71
<i>Gambar 5-2 Tabel hydrostatic</i> .....	72
<i>Gambar 5-3 Tampilan model pada maxsurf</i> .....	72
<i>Gambar 5-4 Tampilan Rencana Garis Pada AutoCad</i> .....	73
<i>Gambar 5-5 Jarak Pandang Kapal</i> .....	77
<i>Gambar 5-6 Layout ruang navigasi menurut ISO/DIS 8468</i> .....	78



## DAFTAR TABEL

<i>Tabel 1-1 Kebutuhan Domestik Batubara .....</i>	<i>1</i>
<i>Tabel 2-1 Pelabuhan-pelabuhan Batubara Di Indonesia .....</i>	<i>8</i>
<i>Tabel 2-2 Perbandingan Tongkang Konvensional dengan Tongkang Populasi Mandiri.....</i>	<i>10</i>
<i>Tabel 2-3 Konstanta Optimasi Desain .....</i>	<i>16</i>
<i>Tabel 2-4 Persyaratan Stabilitas Kapal .....</i>	<i>16</i>
<i>Tabel 2-5 Variabel Peubah dalam Optimasi.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabel 3-1 Nama Ibukota dan Banyaknya Kelurahan dan Desa .....</i>	<i>20</i>
<i>Tabel 3-2 Wilayah Kabupaten Paser Menurut Kecamatan .....</i>	<i>20</i>
<i>Tabel 4-1 Koefisien Titik Berat berbagai Tipe Kapal .....</i>	<i>36</i>
<i>Tabel 5-1 Kapal Pembanding.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabel 5-2 Ukuran Utama Awal .....</i>	<i>50</i>
<i>Tabel 5-3 Titik Berat Crew.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabel 5-4 Titik Berat Air Tawar.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabel 5-5 Titik Berat Lubrication Oil .....</i>	<i>53</i>
<i>Tabel 5-6 Titik Berat Diesel Oil .....</i>	<i>54</i>
<i>Tabel 5-7 Titik Berat Fuel Oil .....</i>	<i>54</i>
<i>Tabel 5-8 Berat Baja Kapal .....</i>	<i>55</i>
<i>Tabel 5-9 Perencanaan Dimensi dan Berat Deckhouse.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabel 5-10 Perencanaan Dimensi dan Berat Forecastle .....</i>	<i>56</i>
<i>Tabel 5-11 Total Berat .....</i>	<i>56</i>
<i>Tabel 5-12 KG Baja .....</i>	<i>57</i>
<i>Tabel 5-13 LCG Baja .....</i>	<i>57</i>
<i>Tabel 5-14 Titik Berat Oupiment &amp; Outfitting .....</i>	<i>57</i>
<i>Tabel 5-15 Titik Berat Permesinan .....</i>	<i>58</i>
<i>Tabel 5-16 Tabel Kapasitas Ruang Muat.....</i>	<i>58</i>



<i>Tabel 5-17 Lengan Statis</i> .....	60
<i>Tabel 5-18 Lengan Dinamis</i> .....	61
<i>Tabel 5-19 Hidrostatic Properties</i> .....	61
<i>Tabel 5-20 Kondisi Trim Kapal</i> .....	62
<i>Tabel 5-21 Freeboard Standard</i> .....	62
<i>Tabel 5-22 Gross Tonnage</i> .....	63
<i>Tabel 5-23 Net Tonnage</i> .....	63
<i>Tabel 5-24 Structural Cost</i> .....	64
<i>Tabel 5-25 Outfit Cost</i> .....	64
<i>Tabel 5-26 Machinery Cost</i> .....	64
<i>Tabel 5-27 Harga Kapal</i> .....	65
<i>Tabel 5-28 Batasan Displacement</i> .....	66
<i>Tabel 5-29 Batasan Kapasitas Ruang Muat</i> .....	67
<i>Tabel 5-30 Batasan Stabilitas</i> .....	67
<i>Tabel 5-31 Batasan Ukuran Utama</i> .....	68
<i>Tabel 5-32 Hasil Optimasi</i> .....	69
<i>Tabel 5-33 Ukuran Utama Optimum</i> .....	70



## DAFTAR SIMBOL



L	=	Panjang kapal (m)
Loa	=	<i>Length overall</i> (m)
Lpp	=	<i>Length perpendicular</i> (m)
Lwl	=	<i>Length of waterline</i> (m)
B	=	Lebar kapal (m)
T	=	Sarat kapal (m)
H	=	Tinggi kapal (m)
Vs	=	Kecepatan dinas kapal (knot)
Vmax	=	Kecepatan maksimal kapal (knot)
Fn	=	Froud number
Rn	=	Reynolds number
Cb	=	Koefisien blok
Cp	=	Koefisien prismatic
Cm	=	Koefisien midship
Cwp	=	Koefisien <i>water plane</i>
$\rho$	=	Massa jenis ( $\text{kg/m}^3$ )
g	=	Percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )
$\Delta$	=	<i>Displacement</i> kapal (ton)
$\nabla$	=	<i>Volume displacement</i> ( $\text{m}^3$ )
LCB	=	<i>Longitudinal center of bouyancy</i> (m)
VCG	=	<i>vertical center of gravity</i> (m)
LCG	=	<i>Longitudinal center of gravity</i> (m)
LWT	=	<i>Light weight tonnage</i> (ton)
DWT	=	<i>Dead weight tonnage</i> (ton)
$R_T$	=	Hambatan total kapal (N)
WSA	=	Luasan permukaan basah ( $\text{m}^2$ )
$\nu$	=	Koefisien viskositas kinematik ( $\text{m}^2/\text{s}$ )
$\beta$	=	Faktor interferensi hambatan gesek
$\tau$	=	Faktor interferensi hambatan gelombang
$C_w$	=	Koefisien hambatan gelombang
$C_F$	=	Koefisien hambatan gesek
$C_T$	=	Koefisien hambatan total
$\eta$	=	Koefisien dari efisiensi
EHP	=	<i>Effectif horse power</i> (hp)
THP	=	<i>Thrust horse power</i> (hp)
DHP	=	<i>Delivered horse power</i> (hp)
BHP	=	<i>Brake horse power</i> (hp)



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 LATAR BELAKANG

Pulau Sumatera dan Kalimantan merupakan salah satu tempat penghasil batubara terbesar di Indonesia. Batubara ini sangat dibutuhkan oleh PLTU sebagai bahan bakar utamanya. Semakin tingginya kebutuhan masyarakat dan industri akan listrik, maka semakin tinggi pula kebutuhan akan transportasi laut sebagai sarana pengangkut batubara untuk memenuhi kebutuhan PLTU, diantaranya adalah PLTU Paiton. Batubara yang digunakan PLTU Paiton sebagian besar berasal dari perusahaan *supplier* PT Kideco yang memiliki lahan tambang di pulau Kalimantan.

Tabel 1.1 Kebutuhan Domestik Batubara

(1.000 ton)

Industri	2005	2006	2007	2008	2009 (prediksi)
Ketenagalistrikan	25.669	27.758	29.788	32.027	
Semen, Baja, dll	15.681	20.242	24.212	16.973	
Total	41.350	48.000	54.000	49.000	56.000

Sumber: Dit. Pengusahaan Minerbapabum 2009

Yang menjadi permasalahan adalah proses pengiriman batubara dari Pulau Kalimantan ke Pulau Jawa yang dipisahkan oleh Laut Jawa. Untuk memenuhi kebutuhan batubara ini maka perencanaan transportasi pendukung pengiriman perlu diperhatikan.. Dalam proses pengangkutan batubara digunakan moda transportasi berupa *Bulk Carrier* dan *Tug-Barge*.

Melihat keadaan saat ini banyak terjadi perubahan kondisi alam yang semakin tidak bersahabat, pemilihan menggunakan moda transportasi tongkang harus dievaluasi ulang. Cuaca buruk yang sering terjadi di Laut Jawa tersebut menyebabkan pihak administrasi pelabuhan tidak mengizinkan atau melarang kapal untuk berlayar dengan tidak menerbitkan Surat Ijin Berlayar (SIB). Larangan tersebut ditujukan untuk *tug-barge* dan kapal berkapasitas kurang dari 3000, termasuk kapal-kapal tongkang pengangkut batubara dari pulau Kalimantan ke pulau Jawa.

Agar kebutuhan listrik tetap terpenuhi, maka distribusi batubara dari pulau Kalimantan ke pulau Jawa tidak boleh terhambat. Untuk pemenuhan kebutuhan pasokan batubara tersebut diperlukan sarana transportasi alternatif sebagai pengangkut batubara dari Kalimantan ke Paiton yang memungkinkan untuk tetap berlayar meskipun dalam keadaan cuaca buruk. Alat transportasi *Self Propelled Barge* ini dirancang untuk menggantikan *tug-barge* yang kurang bisa difungsikan setiap



waktu, terutama ketika gelombang besar dan angin yang kencang. Beberapa aspek dapat dipakai sebagai dasar pemilihan jenis transportasi ini, antara lain dari sisi stabilitasnya dan biaya pembangunan yang relatif lebih rendah bila dibandingkan dengan biaya pembangunan *bulk carrier*.

## 1.2 PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dijelaskan di atas, maka pokok-pokok permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah

1. Bagaimana menentukan ukuran utama SPB yang optimal dan sesuai dengan kondisi perairan rute Tanah Merah (Kalimantan) – PLTU Paiton (Jawa)
2. Bagaimana menentukan desain Rencana Garis dan Rencana umum SPB pengangkut batubara

## 1.3 TUJUAN

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah membuat desain SPB sebagai alternatif pengangkut batubara dari pulau Kalimantan ke pulau Jawa. Sedangkan tujuan yang ingin dicapai dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan ukuran utama SPB yang optimal untuk mengangkut batubara dari pulau Kalimantan ke pelabuhan Paiton sesuai permintaan owner.
2. Merencanakan desain rencana garis dan rencana umum SPB pengangkut batubara sesuai permintaan owner.

## 1.4 MANFAAT

Dari Tugas Akhir ini, diharapkan dapat diambil manfaat sebagai berikut :

1. Diharapkan hasil pengerjaan Tugas Akhir ini dapat membantu menunjang proses belajar mengajar dan turut memajukan pendidikan di Indonesia.
2. Diharapkan hasil dari Tugas Akhir ini dapat berguna sebagai referensi transportasi pengangkut batubara yang optimal dalam pengiriman muatan dari Kalimantan ke pulau Jawa

## 1.5 BATASAN MASALAH

1. Jenis kapal yang dijadikan sebagai acuan kapal pembanding adalah *self propelled barge*
2. Pelayaran yang menjadi obyek penelitian adalah pelayaran pada Laut Jawa
3. Hasil akhir dari tugas akhir pada analisa teknis hanya sebatas ukuran utama sebagai dasar dari *concept design*.



4. Perancangan *Self-Propelled Barge* pengangkut batubara dibatasi pada pembuatan rencana garis dan rencana umum.
5. Perancangan menggunakan software maxsurf dan Autocad hingga mendapatkan *Lines Plan* dan *General Arrangement*.

## 1.6 HIPOTESIS

Dugaan awal dari Tugas Akhir ini adalah :

1. Dengan menggunakan SPCB hasil optimasi, biaya dapat diminimalkan dalam hal harga pembuatan kapal dan biaya operasional
2. Dengan menggunakan SPB hasil optimasi yang paling efisien, distribusi pengiriman batubara dari Kalimantan ke Paiton dapat dilakukan dengan aman sesuai biro klasifikasi.

## 1.7 SISTEMATIKA PENULISAN

LEMBAR JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR REVISI

KATA PENGANTAR

ABSTRAK

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

### BAB I PENDAHULUAN

Pada bab Pendahuluan yang dibahas adalah mengenai gambaran umum serta konsep dasar dari tugas akhir ini. Bab ini berisi latar belakang masalah, perumusan masalah, maksud dan tujuan dari tugas akhir, manfaat tugas akhir bagi penulis maupun pembaca, hipotesis awal tugas akhir, batasan masalah yang ditentukan oleh penulis, serta sistematika penulisan tugas akhir ini.

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang teori-teori yang berhubungan dengan pengerjaan tugas akhir ini. Teori-teori tersebut antara lain, teori tentang perancangan kapal, *self-propelled barge*, sistem kerjanya, dan referensi perhitungan perancangan kapal.



### BAB III TINJAUAN DAERAH

Dalam bab Tinjauan Daerah ini akan dibahas mengenai kondisi daerah yang dijadikan tempat penelitian dalam Tugas Akhir ini, yaitu kondisi geografis dan karakteristik perairan di wilayah Tanah Merah (Kabupaten Paser Provinsi Kalimantan Timur), Laut Jawa dan Paiton.

### BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai metode-metode yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini serta urutan kerja dan langkah pengerjaan yang dibuat dalam bentuk *flow chart* atau diagram alir untuk menyelesaikan tugas akhir perancangan *self-propelled coal barge* ini.

### BAB V ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dibahas mengenai analisis teknis perencanaan SPCB yang dimulai dari penentuan desain awal, ukuran utama awal kapal, perhitungan hambatan dan daya mesin, LWT, DWT, perhitungan batasan sampai kepada ukuran utama optimum, rencana garis (*lines plan*) dan rencana umum (*general arrangement*) dengan harga yang minimum. Pembuatan *lines plan* dilakukan dengan menggunakan *software* Maxsurf, sedangkan pembuatan *general arrangement* menggunakan *software* AutoCAD dengan acuan *lines plan* yang didapat sebelumnya.

### BAB VI PENUTUP

Dalam bab ini akan diberikan kesimpulan-kesimpulan yang didapat, dimana kesimpulan-kesimpulan tersebut menjawab permasalahan yang ada dalam tugas akhir ini, antara lain desain awal coal carrier, ukuran utama yang optimum, hasil *lines plan* dan rencana umum, serta harga pembangunan kapal yang minimum. Bab ini juga berisi saran-saran penulis sebagai tindak lanjut dari permasalahan yang dibahas serta untuk pengembangan materi.

### DAFTAR PUSTAKA

### LAMPIRAN

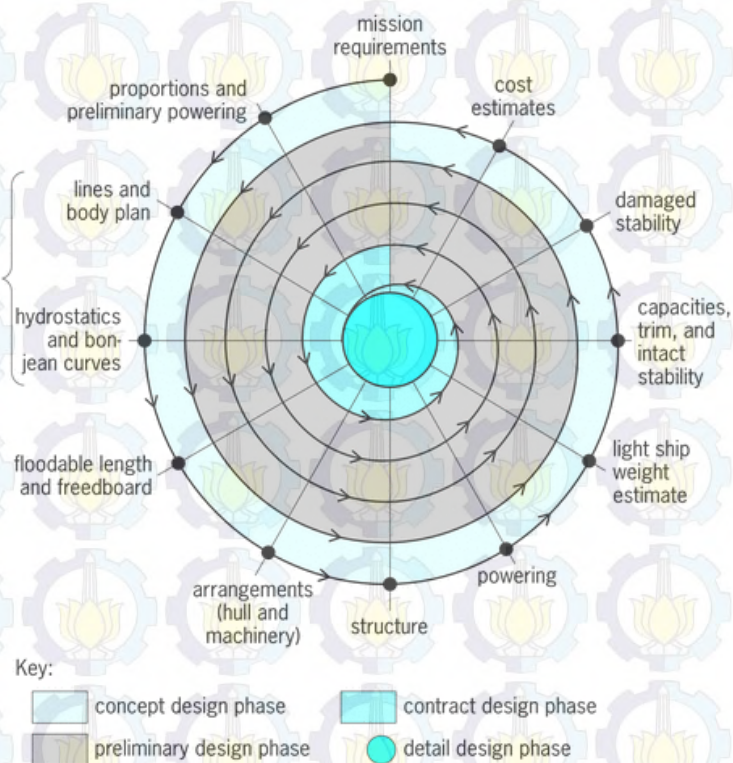


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. DESAIN

Untuk membangun sebuah kapal, syarat utama yang harus terpenuhi adalah desain kapal. Desain menjadi dasar dalam menterjemahkan permintaan pemilik kapal kedalam bentuk gambar, spesifikasi dan data lainnya untuk membangun sebuah kapal. Desain berfungsi untuk memperkecil kesalahan yang terjadi saat proses produksi serta mengurangi kerugian akibat kesalahan tersebut. Selain itu tujuan dari desain adalah membuat kapal yang aman, handal dan ekonomis dalam pengoperasian dan perawatan sesuai batasan yang diperkanankan.



Gambar 2.1 Diagram spiral design, Evans (1959)

Menurut Evans (1959), Proses desain kapal adalah proses yang panjang dan berulang atau biasa disebut spiral desain. Berikut adalah uraian tahapan-tahapan perancangan sebuah kapal.



### 2.1.1. Concept Design

*Concept design* adalah tahap pertama dalam proses desain yang menterjemahkan *mission requirement* atau permintaan pemilik kapal ke dalam ketentuan-ketentuan dasar dari kapal yang akan direncanakan (Evans, 1959).

Langkah langkah pada *concept design* adalah sebagai berikut:

- a) Membandingkan beberapa kapal sejenis yang telah ada guna klasifikasi biaya untuk kapal baru.
- b) Mengidentifikasi semua perbandingan desain utama.
- c) Memilih proses iterasi yang akan menghasilkan desain yang memungkinkan.
- d) Membuat ukuran yang sesuai (analisis ataupun subyektif) untuk desain.
- e) Mengoptimasi ukuran utama kapal dan detail kapal

Konsep bisa dibuat dengan menggunakan rumus pendekatan, kurva ataupun pengalaman untuk membuat perkiraan-perkiraan awal ukuran utama seperti panjang, lebar, tinggi, sarat, *finnes* dan *fullness* power, karakter lainnya dengan tujuan untuk memenuhi kecepatan, *range (endurance)*, kapasitas, *deadweight* yang bertujuan untuk mendapatkan estimasi biaya konstruksi, biaya permesinan kapal dan biaya perlatan serta perlengkapan kapal. Hasil dari tahapan konsep desain ini biasanya berupa gambar atau sketsa secara umum, baik sebagian ataupun secara lengkap.

### 2.1.2. Preliminary Design

Setelah langkah *concept design* selesai menurut Evans,(1959) adalah mengecek kembali ukuran dasar kapal yang dikaitkan dengan *performance* pemeriksaan ulang terhadap panjang, lebar, daya mesin, *deadweight* yang diharapkan tidak banyak merubah pada tahap ini. Hasil diatas merupakan dasar dalam pengembangan rencana kontrak dan spesifikasi. Tahap preliminary *design* ditandai dengan beberapa langkah-langkah sebagai berikut:

- a) Melengkapi bentuk lambung kapal
- b) Pengecekan terhadap analisis detail struktur kapal
- c) Penyelesaian bagian interior kapal
- d) Perhitungan stabilitas dan hidrostatik kapal
- e) Mengevaluasi kembali perhitungan tahanan, *powering* maupun *performance* kapal



- f) Perhitungan berat kapal secara detail dalam hubungannya dengan penentuan sarat dan trim kapal
- g) Perhitungan biaya secara menyeluruh dan detail

### 2.1.3. Contract Design

Pada tahapan ini merupakan tahap pengembangan perancangan kapal dalam bentuk yang lebih mendetail yang memungkinkan pembangun kapal memahami kapal yang akan dibuat dan mengestimasi secara akurat seluruh biaya pembuatan kapal. Tujuan utama pada kontrak desain adalah pembuatan dokumen yang secara akurat dengan mendeskripsikan kapal yang akan dibuat. Selanjutnya dokumen tersebut akan menjadi dasar dalam kontrak atau perjanjian pembangunan antara pemilik kapal dan pihak galangan kapal. Adapun komponen dari *contract drawing* dan *contract specification* meliputi :

- *Arrangement drawing*
- *Structural drawing*
- *Structural details*
- *Propulsion arrangement*
- *Machinery selection*
- *Propeller selection*
- *Generator selection*
- *Electrical selection*

Dimana keseluruhan komponen-komponen di atas biasa disebut *key plan drawing*. *Key plan drawing* tersebut harus merepresentasikan secara detail fitur-fitur kapal sesuai dengan permintaan pemilik kapal

### 2.1.4. Detail Design

*Detail design* adalah tahap terakhir dari proses mendesain kapal. Pada tahap ini hasil dari tahapan sebelumnya dikembangkan menjadi gambar kerja yang detail (Evans,1959). Pada tahap *detail design* mencakup semua rencana dan perhitungan yang diperlukan untuk proses konstruksi dan operasional kapal. Bagian terbesar dari pekerjaan ini adalah produksi gambar kerja yang diperlukan untuk penggunaan mekanik yang membangun lambung dan berbagai unit mesin bantu dan mendorong lambung, fabrikasi, dan instalasi perpipaan dan kabel. Hasil dari tahapan ini adalah berisi petunjuk atau intruksi mengenai instalasi dan detail konstruksi pada *fitters*, *welders*, *outfitters*, *metal workers*, *machinery vendors*, *pipe fitters*, dan lain-lainnya.

## 2.2 KONDISI INFRASTRUKTUR DAN PELABUHAN BATUBARA

Di Indonesia, infrastruktur yang terkait dengan pengusahaan batubara belumlah memadai. Transportasi batubara umumnya memanfaatkan sungai besar, seperti Sungai Musi



di Sumatera Selatan, Sungai Barito di Kalimantan Tengah dan Selatan, serta Sungai Mahakam di Kalimantan Timur. Kereta batubara sampai saat ini hanya digunakan di tambang PTBA Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Selain itu, terminal batubara dan pelabuhan batubara dapat dikatakan belum memadai pula. Batubara kebanyakan diangkut dengan menggunakan tongkang melewati sungai kemudian dipindahkan ke kapal batubara besar di laut lepas (*trans-shipment*) sehingga efisiensi pengangkutan menjadi kurang baik. Untuk itu, perlu upaya baru untuk mengatasi hal ini, misalnya penggunaan fasilitas penimbunan dan pengangkutan batubara terapung skala besar (*mega float*) atau *pusher barge*.

Tabel 2.1 Pelabuhan – pelabuhan batubara di Indonesia

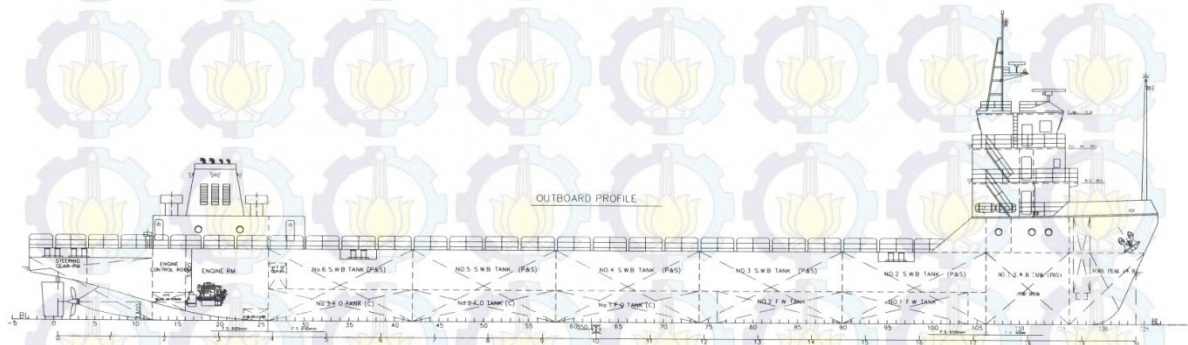
(Sumber: Indonesia Coal Book 2008-2009)

Pelabuhan	Lokasi	Pengelola	Max. Vessel (DMT)	Kapasitas (1000 ton)
Kertapati	Sumatera	PTBA	7000	400
Tarahan	Sumatera	PTBA	40000	3100
Teluk Bayur	Sumatera	PTBA	40000	900
Pulau Bai	Sumatera	Harbor Authority	35000	2000
Tanjung Bara	Kalimantan	PT. KPC	180000	5000
Tanah Merah	Kalimantan	PT. Kideco	60000	2600
NPLCT	Kalimantan	PT. Arutmin	150000	5000
Balikpapan	Kalimantan	PT. BCT	60000	5000
Tanjung Redeb	Kalimantan	PT. Berau Coal	5000	750
Beloro	Kalimantan	PT. MHU	8000	1350
Loa Tebu	Kalimantan	PT. Tanito Harum	8000	6300
Sembilang	Kalimantan	PT. Arutmin	7500	1000
Air Tawar	Kalimantan	PT. Arutmin	7500	1800
Satui	Kalimantan	PT. Arutmin	5000	1500
IBT	Kalimantan	Terminal Batubara Indah	200000	
Banjarmasin	Kalimantan	Harbor Authority	5000	
Kelanis	Kalimantan	PT. Adaro	8000	1700
Bontang	Kalimantan	PT. Indominco	150000	5000



## 2.3 SELF PROPELLED BARGE

Secara umum dapat digambarkan bahwa *Self Propelled Barge (SPB)* adalah kapal yang mempunyai bentuk seperti tongkang namun menggunakan tenaga pendorong sendiri. Apabila dibandingkan dengan biaya pembangunan kapal pada umumnya terlebih dengan kapal *bulk carier*, SPB mempunyai biaya pembangunan yang lebih rendah 1/3 kali dari kapal *bulk carier* [Harryadi Mulya, 2006], sehingga dapat disimpulkan pula bahwa biaya operasional SPB lebih rendah dibandingkan dengan kapal *bulk carier*.



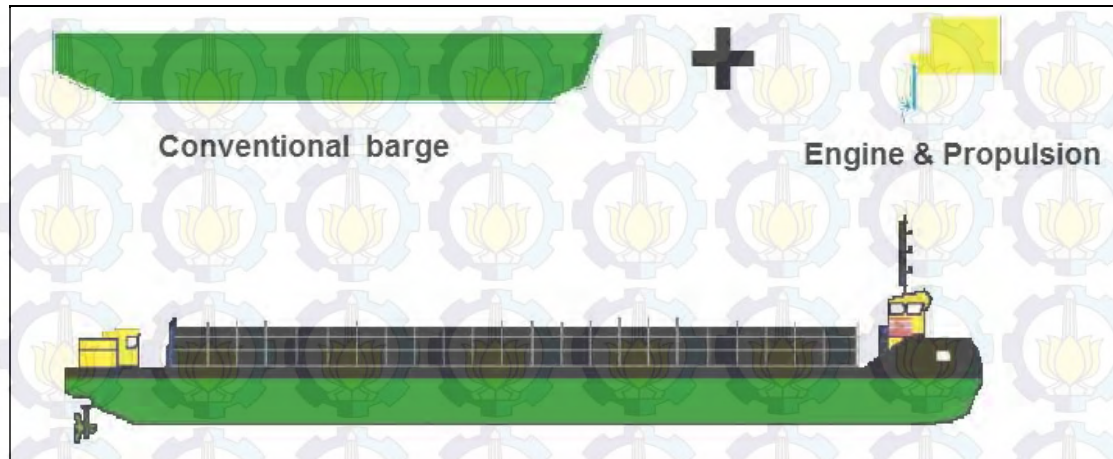
Gambar 2.2 *Self Propelled Barge* (impact-enterprises.com)

### 2.3.1. Tinjauan Umum

Selama ini tongkang merupakan pilihan alat transportasi yang sangat sesuai dengan daerah perairan sungai (*inland waterway*), karena tongkang dapat mengangkut barang dalam jumlah besar, dan biaya pembangunannya lebih murah daripada kapal dengan fungsi yang sama. Tongkang ini dioperasikan dengan cara ditarik dengan menggunakan kapal tunda (*Tug Boat*). Namun dalam perkembangannya konsep ini mempunyai beberapa kelemahan, ketidakmampuan tongkang konvensional dan kapal tunda yang tidak efisien menghadapi karakteristik perairan sungai maka kebutuhan untuk mengembangkan konsep alat transportasi yang efisien terus dikembangkan, salah satunya yaitu konsep tongkang propulsi mandiri (*Self Propelled Barge*).

Tongkang propulsi mandiri adalah tongkang yang mempunyai mesin dengan sistem propulsi sebagai penggerakannya. Sehingga tongkang ini tidak perlu lagi ditarik oleh kapal tunda sebagai mana tongkang konvensional. Ide dasar konsep tongkang ini dapat dijelaskan melalui gambar 2.3





Gambar 2.3 Konsep dasar *self propelled barge*.

Sumber: [www.lurik.its.ac.id/senta2007/.com](http://www.lurik.its.ac.id/senta2007/.com)

### 2.3.2 Perbandingan Tongkang Propulsi Mandiri (*Self Propelled Barge*) dengan Tongkang Konvensional (*Non Self Propulsion*)

Berikut ini adalah beberapa poin perbandingan antara tongkang konvensional dengan tongkang propulsi mandiri [PT. Samudera Indonesia Tbk., 2007] :

Tabel 2.2 Perbandingan Tongkang Konvensional dengan Tongkang Propulsi Mandiri

	Tongkang konvensional	Tongkang propulsi mandiri
Bentuk badan ( <i>Hull Form</i> )	Bentuk haluan kotak sehingga tahanan yang ditimbulkan tinggi	Bentuk haluan <i>round</i> sehingga tahanan yang ditimbulkan lebih kecil dari tongkang konvensional. Hal ini menyebabkan waktu tempuh ( <i>Sea time</i> ) lebih singkat.
Kemampuan berhenti dari tabrakan ( <i>Crash Stop</i> )	Sepenuhnya tergantung dari kemampuan kapal tunda, sehingga membutuhkan waktu yang lama untuk mengkondisikan agar tongkang tidak menabrak kapal tunda.	Dapat melakukan dengan propulsinya sendiri
Kecepatan berlayar	Pertambahan kecepatan kapal penarik ( <i>Tug Boat</i> ) membutuhkan waktu yang	Sepenuhnya dapat mengatur kecepatannya sendiri



( <i>Running Course</i> )	lama agar kondisi tongkang tidak berayun ( <i>swing</i> ) yang dapat menimbulkan bahaya.	
Tali Penarikan ( <i>Tow line connection</i> )	Membutuhkan waktu rata-rata 20 – 30 menit untuk mengkoneksikan dan melepaskan tali penghubung antara kapal tunda dengan tongkang	Tidak dibutuhkan tali penghubung
Sarat ( <i>Draft</i> )	Kapal penarik ( <i>Tug Boat</i> ) memerlukan sarat yang lebih tinggi dari tongkang	Tongkang propulsi mandiri mempunyai sarat yang rendah ( <i>shallow draft</i> ) sama dengan sarat tongkang konvensional
Stabilitas ( <i>Stability</i> )	Tidak mempunyai sistem <i>ballast</i> , stabilitas tergantung tarikan <i>tug boat</i> .	Mempunyai sistem <i>ballast</i> sehingga stabilitas tongkang lebih baik
Kemampuan maneuver ( <i>Maneuverability</i> )	Kemampuan maneuver rendah, karena harus mengkondisikan tali penarik antara kapal tunda dengan tongkang agar tongkang dapat bermanuver dengan aman.	Kemampuan maneuver tinggi karena dapat mengatur kecepatan melalui alat propulsinya sendiri.
Propulsi ( <i>Propulsion</i> )	Tidak mempunyai mesin dan alat propulsi sehingga investasi lebih rendah, tetapi tongkang ini membutuhkan perbaikan di <i>dock kering</i> ( <i>dry docking</i> ).	Investasi tongkang ini lebih mahal karena mempunyai mesin dan alat propulsi sendiri, tetapi tidak membutuhkan <i>dock kering</i> untuk perbaikan.





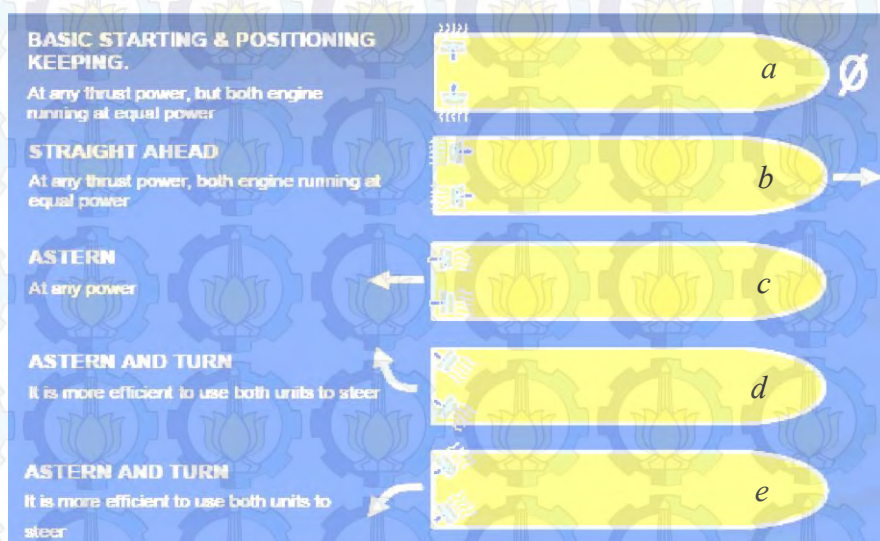
Gambar 2.4. Manuver *self propelled barge* pada kondisi alur sempit dan perairan dangkal.

Sumber: [www.lurik.its.ac.id/senta2007/.com](http://www.lurik.its.ac.id/senta2007/.com)

Gambar 2.4 di atas memperlihatkan kemampuan manuver tongkang konvensional dengan tongkang propulsi mandiri. Pada Alur sempit dan perairan yang dangkal, *Self propelled barge* mampu dengan mudah untuk mengikuti bentuk alur sungai dari pada tongkang konvensional. Sedangkan pada kondisi sungai dengan tikungan tajam dan mempunyai arus yang kuat, ada kemungkinan tongkang konvensional akan berayun menuju ke tepi sungai sehingga dapat membahayakan tongkang. Sementara tongkang propulsi mandiri hal tersebut dapat dihindari.

### 2.3.3 Karakteristik Olah Gerak ( *Maneuverability* ) Tongkang Propulsi Mandiri

Tongkang propulsi mandiri (*Self Propelled Barge*) mempunyai kemampuan manuver yang dapat dijelaskan melalui gambar di bawah ini.



Gambar 2.5. Manuver *self propelled barge*

Sumber: [www.lurik.its.ac.id/senta2007/.com](http://www.lurik.its.ac.id/senta2007/.com)

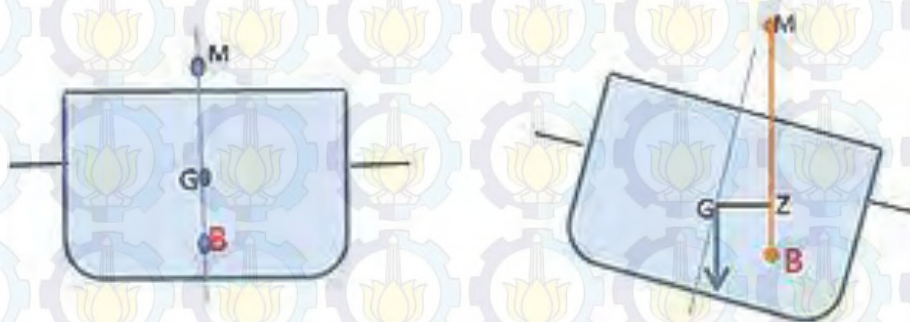


*Keterangan Gambar :*

- a. Tongkang tidak bergerak
- b. Tongkang bergerak lurus ke depan (*Ahead*)
- c. Tongkang bergerak lurus ke belakang (*Astern*)
- d. Tongkang bergerak belok ke belakang (*Astern and Turn*)
- e. Sama dengan d

### 2.3.4 Stabilitas Barge

Yang dimaksud dengan stabilitas kapal adalah kemampuan sebuah kapal untuk kembali ke keadaan semula setelah dikenai oleh gaya luar. Kemampuan itu dipengaruhi lengan dinamis (  $GZ$  ) yang membentuk momen kopel yang menyeimbangkan gaya tekan ke atas dengan gaya berat. Komponen-komponen stabilitas terdiri dari  $GZ$ ,  $KG$  dan  $GM$ , ketiga komponen tersebut sangat berperan penting dalam stabilitas. Dalam perhitungan stabilitas yang paling penting adalah mencari lengan dinamis (  $GZ$  ) setelah itu melakukan pemeriksaan stabilitas utuh sesuai dengan kriteria-kriteria IMO.



Gambar 2.6 Ilustrasi Barge Stabil dan Tidak Stabil

## 2.4 PERANCANGAN KAPAL DENGAN METODE OPTIMISASI

### 2.4.1 Pengertian Optimisasi

Optimisasi adalah suatu proses untuk mendapatkan satu hasil yang relatif lebih baik dari beberapa kemungkinan hasil yang memenuhi syarat berdasarkan batasan-batasan tertentu (Setijoprajudo, 1999). Pada dasarnya optimisasi adalah mencari titik maksimum atau minimum dari suatu fungsi. Caranya dengan mencari titik stasioner baik untuk fungsi 1 variabel maupun untuk fungsi dengan  $n$  variabel. Misalnya:



- fungsi tujuan dengan satu variabel  $= f(X_1)$
- fungsi tujuan dengan n variabel  $= f(X_1, X_2, \dots, X_n)$

Dalam proses optimisasi selalu melibatkan hal-hal dibawah ini (Setijoprajudo, 1999), yaitu :

a) Variabel adalah harga-harga yang akan dicari dalam proses optimisasi.

Contoh : L, B, H, T, Diameter propeller, Ae/Ao dll

Jenis – jenis variabel adalah :

- Variabel tak bebas (*dependent variables*), yaitu variabel yang tidak dapat berdiri sendiri, melainkan berhubungan satu dengan yang lainnya.
  - Variabel bebas, yaitu variabel yang dapat berdiri sendiri
  - Variabel tunggal (uni-variable)
  - Variabel ganda (multi-variables)
  - Variabel kontinu (continous-variabel) yaitu variabel yang dapat mempunyai harga pada daerah yang sudah ditentukan
  - Variabel tertentu (discrete variables) yaitu variabel yang dihitung untuk kondisi – kondisi tertentu
- b) Parameter adalah harga-harga yang tidak berubah besarnya selama satu kali proses optimisasi karena syarat-syarat tertentu (misal dari peraturan suatu ketetapan-ketetapan rule internasional lainnya) atau dapat juga suatu variable yang diberi harga tertentu. Harga tersebut dapat diubah setelah satu kali proses optimisasi untuk menyelediki kemungkinan terdapatnya hasil yang lebih baik.
- c) Konstanta adalah harga-harga yang tidak berubah besarnya selama proses optimisasi berlangsung tuntas.
- Contoh : Berat jenis air, gravitasi bumi
- d) Batasan adalah harga-harga batas yang telah ditentukan baik perencana, pemesan, biro klasifikasi, peraturan keselamatan pelayaran, kondisi perairan, maupun oleh persyaratan-persyaratan lainnya.

Batasan yang merupakan persamaan biasanya ditulis :

$$h(x) = 0$$



Bentuk umum :

$$G_{\min}(x) < g(x) < g_{\max}(x)$$

Bentuk standar :

$$\text{Untuk } g_{\min} > 0, \text{ maka } G(x) = \frac{g(x)}{g_{\min}(x)} - 1 > 0$$

Contoh : 2,2 < H < 3,5 m merupakan batasan yang diberikan oleh pemesan yang merupakan batas minimum dan batas maksimum tinggi kapal yang dapat bersandar pada dermaga pemesan.

- e) Fungsi Obyektif adalah hubungan antara semua atau beberapa variable serta parameter yang harganya akan dioptimalkan. Fungsi tersebut dapat berupa linear atau kompleks serta bias juga gabungan dari beberapa fungsi obyektif yang lain.

Contoh : akan dibangun kapal dengan biaya paling murah. Maka biaya disini berfungsi sebagai fungsi obyektif yang diminimumkan.

#### 2.4.2 Konstanta Optimasi Perencanaan Kapal

Dalam proses optimasi ukuran utama kapal terdapat beberapa konstanta yang digunakan dalam proses optimasi. Konstanta ini digunakan untuk pengerjakan teknis. Penjelasan dari konstanta optimasi perencanaan kapal adalah sebagai berikut (Dharma, 2009):

##### Massa Jenis Air Laut

Konstanta massa jenis air laut diketahui sebesar 1,025 ton/m<sup>3</sup>. Nilai ini digunakan dalam proses konversi antara volume dengan *Displacement* kapal.

##### Massa jenis air tawar

Konstanta massa jenis air tawar diketahui sebesar 1 ton/m<sup>3</sup>. Nilai ini digunakan untuk proses konversi antara kemampuan angkut kapal pembanding yang mengangkut minyak dengan kebutuhan daya angkut air.

##### Berat jenis bahan bakar dan minyak lumas

Konstanta berat jenis bahan bakar digunakan untuk konversi berat bahan bakar terhadap kebutuhan ruang bahan bakar diatas kapal. Besarnya konstanta tersebut untuk MDO adalah 0,85 ton/m<sup>3</sup>, untuk MFO adalah 0,85 ton/m<sup>3</sup> dan minyak lumas sebesar 0,92 ton/m<sup>3</sup>.



### Gaya Gravitasi

Konstanta gaya gravitasi bumi diketahui sebesar  $9,81 \text{ m/s}^2$ . Nilai ini digunakan untuk menghitung *froude number* dan konversi satuan hambatan dalam analisa teknis desain kapal.

### Massa Jenis Baja

Konstanta massa jenis baja digunakan untuk menghitung berat kapal beserta perlengkapannya.

**Tabel 2.3 Konstanta optimasi desain**

Item	Unit	Symbol	Value
Massa Jenis Air Laut	$\text{ton/m}^3$	$\rho$ air laut	1,025
Massa Jenis Air Tawar	$\text{ton/m}^3$	$\rho$ air tawar	1
Massa Jenis Bahan Bakar (MFO)	$\text{ton/m}^3$	$\rho$ mfo	0,85
Massa Jenis Bahan Bakar (MDO)	$\text{ton/m}^3$	$\rho$ mdo	0,85
Massa Jenis Minyak Pelumas	$\text{ton/m}^3$	$\rho$ lub	0,92
Gaya Gravitasi	$\text{m/s}^2$	g	9,81
Massa Jenis Baja	$\text{kg/m}^3$	$\rho$ baja	7.850

### 2.4.3 Batasan Optimasi Perencanaan Kapal

Batasan yang digunakan dalam optimisasi desain merupakan batasan teknis terkait dengan desain kapal. Hal ini dikarenakan dalam proses perancangan sebuah kapal harus memperhatikan beberapa aspek kunci sehingga didapat ukuran utama kapal yang efisien dan memberikan standar keamanan dalam proses operasinya. Penjelasan dari batasan optimisasi desain adalah sebagai berikut :

#### Stabilitas

**Tabel 2.4 Persyaratan Stabilitas kapal**

Syarat Teknis	Item	Unit	Symbol	Min
Stabilitas	MG pada sudut oleng $0^\circ$	m	$MG_0$	0,15
	Lengan statis pada sudut oleng $>30^\circ$	m	$LS_{30}$	0,2
	Sudut kemiringan pada $LS$ maksimum	deg	$LS_{maks}$	25
	Lengan dinamis pada $30^\circ$	m.rad	$Ld_{30}$	0,055
	Lengan dinamis pada $40^\circ$	m.rad	$Ld_{40}$	0,09
	Luas Kurva GZ antara $30^\circ - 40^\circ$	m.rad		0,03



### **Freeboard**

Batasan *freeboard* mengacu pada regulasi International Load Line Convention tahun 1966

### **Gaya Apung**

Batasan daya apung dapat diartikan sebagai kesesuaian antara *Displacement* sebagai akibat dari bentuk dan ukurannya dengan berat kapal itu sendiri. Berdasarkan daya apung ini muncul batasan pemuatan benda-benda diatas kapal hingga dapat dipastikan kapal tetap dapat mengapung dalam kondisi aman. Batasan selisih daya apung diberikan toleransi antara -0,5% sampai 0,5%. Rumusan matematis untuk batasan ini adalah :

$$99,5\%w \leq \Delta \leq 100,5\%w$$

Dimana :  $w$  = Berat kapal kondisi muatan penuh (ton)  
 $\Delta$  = *Displacement* kapal (ton)

### **Trim**

Kondisi trim diartikan sebagai selisih antara sarat depan kapal dengan sarat belakang saat kondisi muatan kapal penuh. Batasan kondisi trim adalah maksimal sebesar 0,5% dari sarat kapal.

$$0\%T \leq T_a - T_f \leq 0.5\%T$$

Dimana :  $T$  = Sarat kapal kondisi muatan penuh (m)  
 $T_a$  = Sarat buritan(m)  
 $T_f$  = Sarat haluan (m)

### **Kapasitas Kapal**

Batasan kapasitas kapal diberikan dengan pertimbangan bahwa perencanaan ruang muat tidak bisa dilakukan setepat mungkin terkait dengan kerumitan konstruksi kapal. Oleh karena itu besarnya selisih *payload* kapal diberi toleransi sebesar maksimal 110% dari kebutuhan.

$$100\%P \leq H_c \leq 110\%P$$

Dimana :  $P$  = *Payload*  
 $H_c$  = *Hold capacity* (kapasitas muat kapal)



#### 2.4.4 Variabel Peubah Optimasi Perencanaan Kapal

Variabel peubah optimisasi perencanaan kapal diberikan dalam bentuk ukuran utama kapal, kecepatan kapal, dan *payload*. Dalam variabel peubah ini diberikan batasan nilai maksimal dan minimal untuk setiap variabel berdasarkan ukuran utama kapal pembanding.

Tabel 2.5 Variabel peubah dalam optimisasi

	Item	Unit	Symbol	Min	Value	Max
Ukuran Utama	Panjang	m	L	88,45	...	135,71
	Lebar	m	B	21,00	...	32,00
	Tinggi	m	H	6,71	...	8,00
	Sarat	m	T	5,00	...	5,90
	Kecepatan	knots	Vs	10	...	12

#### 2.4.5 Fungsi Tujuan Optimisasi Perencanaan Kapal

Fungsi tujuan optimisasi perencanaan kapal adalah meminimalkan biaya pengangkutan kapal BBM menuju kepulauan Kabupaten Sumenep pada tahun pertama. Hal ini dapat dilakukan dengan meminimalkan biaya investasi, biaya berlayar dan operasional kapal pengangkut BBM pada tahun pertama sesuai dengan batasan yang ada. Fungsi tersebut tergambar pada model matematis berikut:

Fungsi tujuan dari optimisasi desain ialah meminimalkan unit biaya distribusi BBM pada tahun pertama. Hal ini dapat dilakukan dengan meminimalkan biaya investasi dan operasional kapal pada tahun pertama sesuai dengan batasan yang ada. Fungsi tersebut tergambar pada model matematis berikut :

$$\min u = \sum_{f=0}^{f=2} \frac{Cc + Vc + Oc + CHc}{Q}$$

Dimana :  $u$  = Unit biaya produksi

$Cc$  = *Capital cost*

$Vc$  = *Voyage cost*

$Oc$  = *Operational cost*

$CH$  = *Cargo Handling Cost*

$Q$  = Jumlah Muatan yang diangkut.



## BAB III

### TINJAUAN DAERAH

#### 3.1 SEKILAS TENTANG KABUPATEN PASER KALIMANTAN TIMUR

Kabupaten Paser merupakan wilayah Propinsi Kalimantan Timur yang terletak paling selatan. Secara geografis Kabupaten Paser terletak antara  $0^{\circ}45'$  -  $2^{\circ}27'$  LS dan  $115^{\circ}36'$  -  $116^{\circ}57'$  BT. Kabupaten Paser terletak pada ketinggian yang berkisar antara 0 - 500 m di atas permukaan laut.

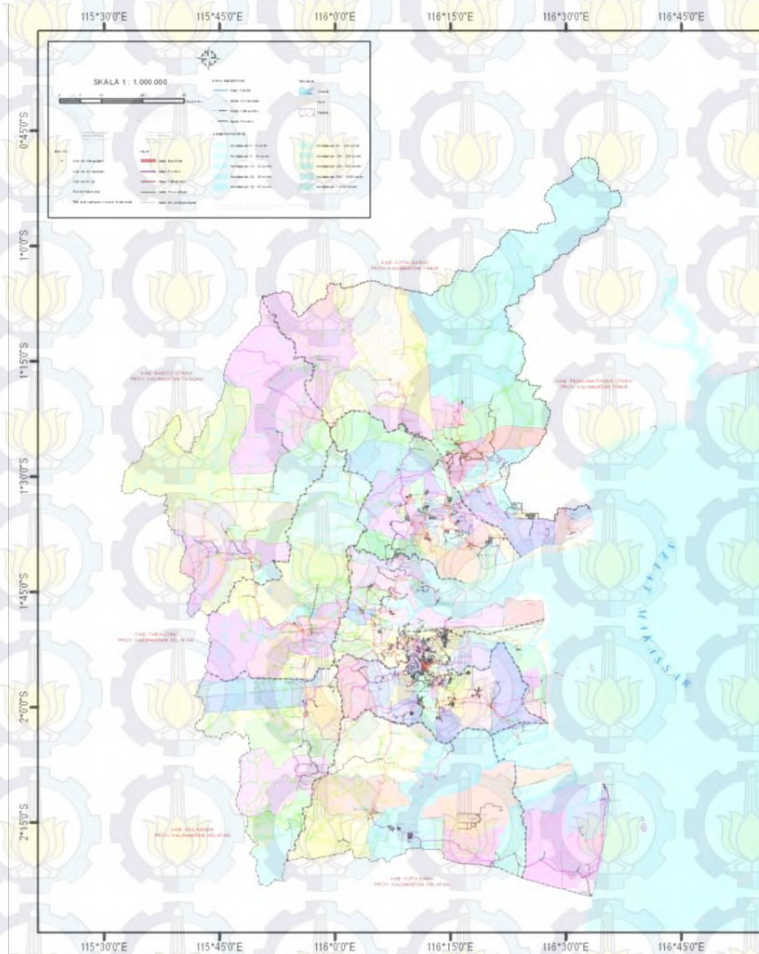
Batas wilayah Kabupaten Paser Kalimantan Timur adalah sebagai berikut:

Sebelah Utara : Kabupaten Kutai Barat, Kutai Kartanegara

Sebelah Timur : Kabupaten Penajam Paser Utara dan Selat Makasar,

Sebelah Selatan : Kabupaten Kota Baru Propinsi Kalimantan Selatan,

Sebelah Barat : Kabupaten Tabalong Propinsi Kalimantan Selatan.



Gambar 3.1 Peta Kabupaten Paser



Secara administratif wilayah Kabupaten Paser terdiri dari 10 Kecamatan dengan 5 Kelurahan dan 120 Desa. Luas Wilayah Kabupaten Paser adalah seluas 11.603,94 Km<sup>2</sup>. Luas ini terdistribusi ke 10 (sepuluh) kecamatan dengan 141 desa/kelurahan. Kecamatan dengan luas wilayah terluas di Kabupaten Paser adalah Kecamatan Long Kali dengan luas wilayah 2.385,39 Km<sup>2</sup>, termasuk di dalamnya luas daerah lautan yang mencapai 20,56% dari luas Kabupaten Paser secara keseluruhan. Sedangkan Kecamatan yang luas wilayahnya terkecil adalah Kecamatan Tanah Grogot yang mencapai 335,58 Km<sup>2</sup> atau 2,89% dari luas Kabupaten Paser.

Tabel 3.1 Nama Ibukota Kecamatan dan Banyaknya Kelurahan dan Desa

No	Kecamatan	Ibukota	Kelurahan	Desa
1.	Batu Sopang	Batu Sopang	-	8
2.	Muara Samu	Muser	-	9
3.	Tanjung Harapan	Tanjung Aru	-	7
4.	Batu Engau	Kerang	-	9
5.	Pasir Belengkong	Pasir Belengkong	-	12
6.	Tanah Grogot	Tanah Grogot	1	14
7.	Kuaro	Kuaro	1	10
8.	Long Ikis	Long Ikis	1	22
9.	Muara Komam	Muara Komam	1	11
10.	Long Kali	Long Kali	1	18

Sumber : Kabupaten Paser Dalam Angka, Tahun 2010

Tabel 3.2 Luas Wilayah Kabupaten Paser Menurut Kecamatan

No	Kecamatan	Luas Wilayah (Km <sup>2</sup> )		Jumlah (Km <sup>2</sup> )	Persentase (%)
		Darat	Laut		
1.	Batu Sopang	1,111.38	0.00	1,111.38	9,58
2.	Muara Samu	855.25	0.00	855.25	7,37
3.	Tanjung Harapan	480.40	233.65	714.05	6,15
4.	Batu Engau	1,501.61	5.65	1,507.26	12,99
5.	Pasir Belengkong	836.62	153.49	990.11	8,53
6.	Tanah Grogot	326.95	8.63	335.58	2,89
7.	Kuaro	596.76	150.54	747.30	6,44
8.	Long Ikis	1,138.37	65.85	1,204.22	10,38
9.	Muara Komam	1,753.40	0.00	1,753.40	15,11
10.	Long Kali	2,250.44	134.95	2,385.39	20,56
	<b>Kabupaten Paser</b>	<b>10,851.18</b>	<b>752.76</b>	<b>11,603.94</b>	<b>100</b>

Sumber : Kabupaten Paser Dalam Angka, Tahun 2010



Luas Wilayah Kabupaten Paser saat ini adalah 11.603,94 km<sup>2</sup>, terdiri dari 10 Kecamatan dengan 106 buah Desa/Kelurahan dan empat buah UPT (Unit Pemukiman Transmigrasi), serta dengan jumlah penduduk pada tahun 2003 mencapai 172.608 jiwa, atau memiliki kepadatan penduduk 15 jiwa/Km<sup>2</sup>.

### **Transportasi Darat**

Jalan dan jembatan merupakan prasarana yang sangat penting bagi penunjang sarana angkutan darat. Sesuai dengan fungsinya, kondisi jalan sangat mempengaruhi kelancaran hubungan dari satu wilayah ke wilayah lain. Kondisi jalan yang kurang baik/rusak dapat mengakibatkan suatu wilayah menjadi terisolir dan perkembangannya menjadi tertinggal dari daerah lain. Dilihat dari statusnya, jalan dibedakan menjadi 4, yaitu : Jalan Nasional, Jalan Propinsi, Jalan Kabupaten dan Jalan Desa. Jika dilihat dari ruas jalan, di Kabupaten Paser hanya ada satu kelas jalan, yaitu kelas IIIA sepanjang 533.95 Km dan sisanya kelas tidak terinci.

Transportasi darat merupakan satu-satunya alternatif sarana angkutan umum bagi masyarakat Paser yang ingin bepergian ke luar daerah. Untuk ke luar daerah tersedia angkutan darat melalui jalur Tanah grogot – Batu Licin (Kalsel), Kuaro – Banjar Masin dan Tanah Grogot – Penajam. Untuk melayani trayek tersebut tersedia 3 buah terminal yaitu terminal kota Tanah Grogot, terminal Tepian Batang dan terminal Kuaro.

### **Transportasi Laut**

Pada bagian timur Kabupaten Paser melintang selat Makassar, yang dimasa yang akan datang memiliki prospek dan fungsi penting sebagai jalur alternatif pelayaran internasional. Pelabuhan laut utama di Kabupaten Paser, yaitu Pelabuhan Teluk Adang terletak 12 Km ke arah utara ibukota Kabupaten (Kota Tanah Grogot), sedangkan Kota Tanah Grogot berjarak lebih kurang 145 Km dari Kota Balikpapan, atau 260 Km dari Ibukota Propinsi Kalimantan Timur (Kota Samarinda)

Sarana angkutan laut yang ada di Kabupaten Paser hanya untuk melayani angkutan barang, sedangkan angkutan penumpang reguler tidak tersedia. Di Kabupaten Paser terdapat 6 buah pelabuhan laut yang berada dibawah administrasi Kantor Pelabuhan Tanah Grogot, antara lain: Pelabuhan Pondong, Pelabuhan Sei. Kandilo, Pelabuhan Teluk Apar, Pelabuhan PTP. XIII Tanah Merah, Pelabuhan PT. Kideco Tanah Merah dan Pelabuhan Sei Lombok.





Gambar 3.2 Terminal Batubara PT Kideco

Arus kapal barang melalui pelabuhan-pelabuhan tersebut relatif padat, sepanjang tahun 2006 jumlah kapal yang tiba tercatat sebanyak 1.633 kapal sedang pada tahun 2007/2008 naik menjadi 2.281 kapal atau naik sebesar 39.68 persen, dan kapal yang berangkat naik sebesar 35.80 persen. Dari enam pelabuhan di Kabupaten Paser, jumlah barang yang dibongkar pada tahun 2007/2008 sebanyak 198.813.73 Ton/m<sup>3</sup> sedang yang dimuat sebanyak 22.217.102.62 Ton/ m<sup>3</sup>.

### 3.2. LAUT JAWA

Indonesia yang merupakan negara kepulauan dan sebagian besar wilayah Indonesia adalah perairan maka dapat dipastikan bahwa transportasi laut mempunyai peran yang sangat penting. Perairan yang sangat berperan sekali dalam perhubungan antar daerah yaitu Laut Jawa, ini dikarenakan terpusatnya pembangunan yang terjadi yaitu di Pulau Jawa sehingga wilayah lain di Indonesia sangat tergantung dari Pulau Jawa. Laut Jawa yang berbatasan dengan Pulau Jawa di sebelah utara sangatlah berperan penting dalam sarana transportasi laut yang menuju pulau jawa. Terlebih lagi kondisi Laut Jawa yang mempunyai perairan yang sangat tenang. Gelombang tertinggi yang mungkin terjadi berkisar pada bulan Februari dengan tinggi gelombang mencapai 3 meter. Apabila pada bulan normal lainnya gelombang yang terjadi mencapai 1-1,5 meter. Kontur pantai yang landai dan sedikit karang membuat Laut Jawa aman di lalui oleh berbagai jenis kapal.



### 3.3 PAITON

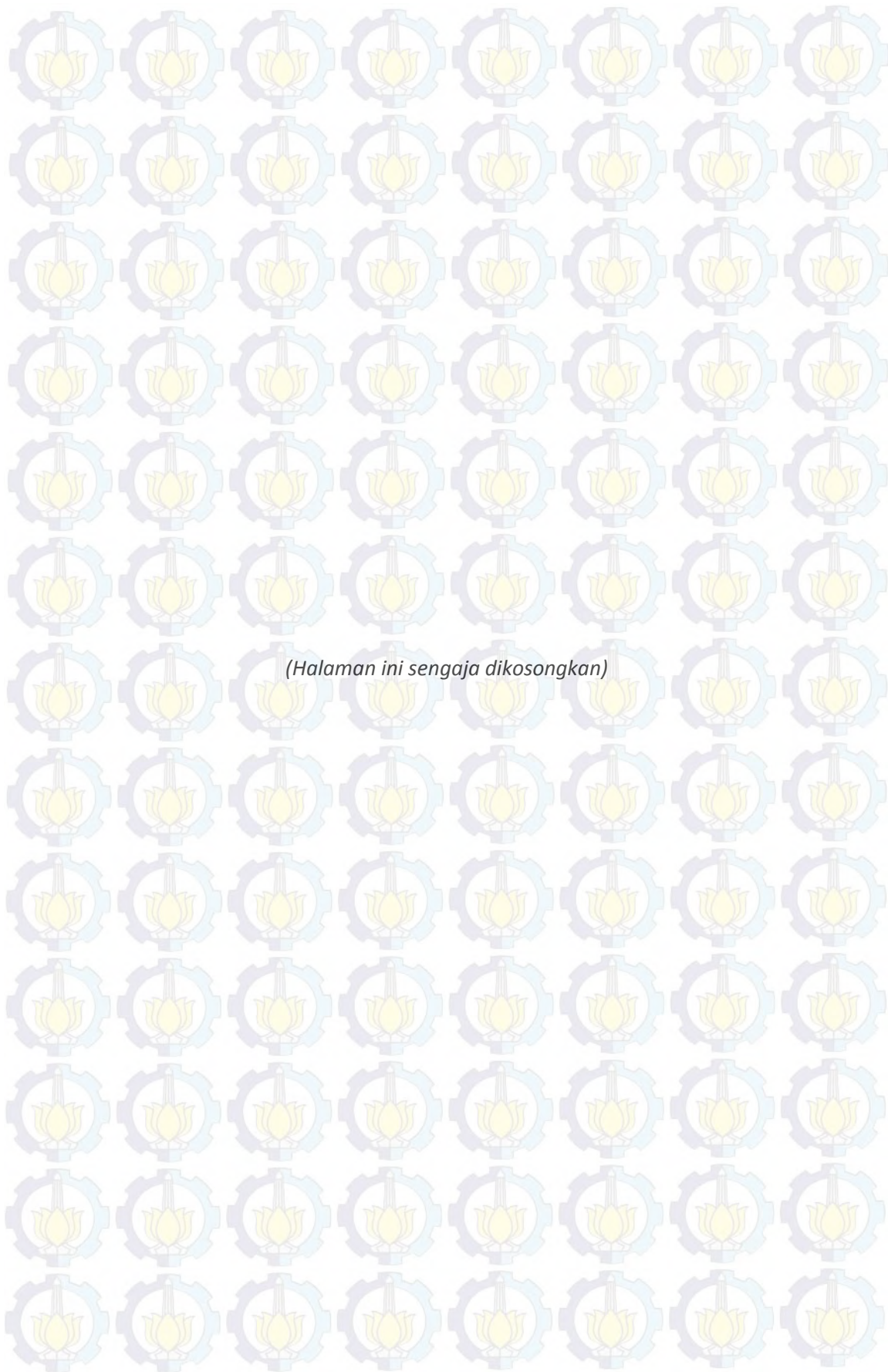
Lokasi PLTU Paiton berada di Desa Bhinor, Kecamatan Paiton, Kabupaten Probolinggo, Propinsi Jawa Timur. Dermaga yang berada di PLTU Paiton mempunyai panjang 300 meter dengan kedalaman mencapai 15 meter.

PLTU Paiton Unit 7 & 8 merupakan dua unit pembangkit listrik turbo generator berbahan bakar batubara dengan kapasitas masing – masing berkapasitas 615 MW, sehingga total kapasitas energi listrik yang dihasilkan dua unit tersebut adalah 1230 MW. Kedua unit ini beroperasi dengan rata – rata 8.943.043 MW/tahun dengan konsumsi batubara 4,3 juta ton/tahun. Batubara (*coal*) digunakan sebagai sumber energi dengan harga 10-15 % lebih murah dari harga pasar dengan kontrak jangka panjang. Kontrak dilakukan dengan beberapa produsen batubara di Kalimantan Selatan dan Kalimantan Timur. Batubara tersebut nantinya ditampung di penimbunan batubara yang disebut *coal pile*.



Gambar 3.3 PLTU Paiton



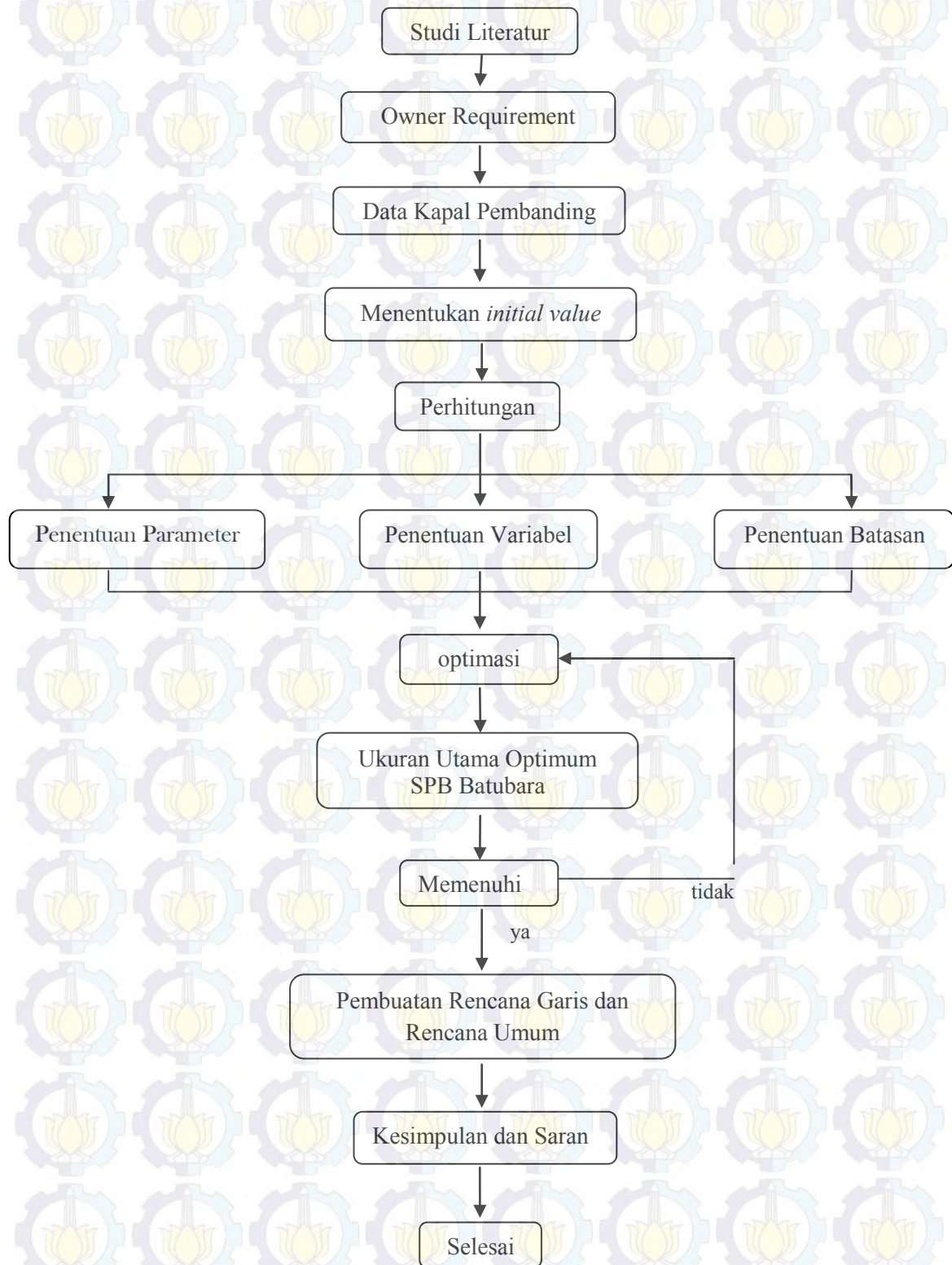




## BAB IV

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 4.1 DIAGRAM ALIR METODOLOGI PENELITIAN





## 4.2. PENGUMPULAN DATA

Data di sini adalah segala sesuatu acuan yang digunakan untuk menunjang proses perancangan barge. Data – data tersebut diperoleh dari :

### 4.2.1. Permintaan owner

Owner sebagai penyandang dana pembangunan barge menginginkan untuk sekali operasi dapat mengangkut batubara seberat 10.000 ton. Pengangkutan batubara tersebut dilakukan dari pelabuhan batubara milik Kideco di Tanah Merah Kalimantan Timur menuju PLTU Paiton Jawa Timur. Dari kapasitas kebutuhan batubara yang diinginkan dan rute pelayaran ini digunakan sebagai acuan awal untuk mencari data – data penunjang lainnya.

### 4.2.2. Kondisi daerah perairan

Sesuai permintaan owner yaitu daerah pelayaran Tanah Merah Kalimantan Timur – Paiton Jawa Timur, maka diperlukan data teknis tentang kedalaman alur, panjang alur, dan fasilitas pelabuhan yang ada. Dari kedalaman alur didapatkan batasan tentang sarat kapal yang nantinya dirancang sedemikian rupa sehingga kapal tersebut tidak mengalami kandas ketika beroperasi. Panjang alur perlu diketahui untuk mengetahui waktu yang ditempuh dalam sekali angkut, ini berhubungan dengan kecepatan tunda yang diperlukan. Untuk fasilitas pelabuhan diperlukan untuk merencanakan sistem bongkar muat.

### 4.2.3. Kapal pembanding

Untuk merencanakan kapal yang akan dibangun harus terlebih dahulu menentukan kapal yang digunakan sebagai pembanding. Yang nantinya kapal – kapal pembanding ini digunakan sebagai acuan untuk mengoptimisasi ukuran kapal yang diinginkan dengan biaya pembangunan dan operasional yang paling rendah.

## 4.3. PERHITUNGAN TEKNIS

Perhitungan teknis dilakukan dengan menggunakan rumus-rumus pendekatan yang ada. Ukuran utama yang digunakan pada perhitungan ini diambil dari hasil regresi kapal pembanding yang ada. Dari ukuran utama awal tersebut kemudian dihitung harga hambatan, mesin induk, berat dan titik berat, *trim*, stabilitas, *freeboard*, *tonase*, hukum *archimedes*, biaya investasi dan perhitungan lainnya.



#### 4.3.1 Penentuan ukuran utama kapal

Ukuran utama kapal yang optimum bisa didapatkan melalui metode optimasi dengan menggunakan ukuran utama awal (*initial value*) sebagai acuan untuk melakukan perhitungan awal. Ukuran utama awal ini diperoleh dari kapal pembanding. Adapun ukuran utama awal yang perlu diperhatikan pada kapal pembanding antara lain :

- $L_{pp}$  (*Length between perpendicular*)  
Panjang yang diukur antara dua garis tegak, yaitu jarak horizontal antara garis tegak buritan (AP) dengan garis tegak haluan (FP).
- $Loa$  (*Length overall*)  
Panjang seluruhnya, jarak horizontal yang diukur dari titik terluar depan samapai titik terluar belakang kapal.
- $B_m$  (*Breadth moulded*)  
Lebar terbesar diukur pada bagian tengah kapal diantara dua sisi dalam kulit kapal. Khusus untuk kapal-kapal yang terbuat dari kayu, diukur pada sisi terluar kulit kapal.
- $H$  (*Height*)  
Jarak tegak yang diukur pada bidang tengah kapal , dari atas lunas sampai sis atas balok geladak di sisi kapal.
- $T$  (*Draught*)  
Jarak tegak yang diukur dari sisi atas lunas sampai permukaan air.

Perhitungan awal dilakukan dengan menggunakan rumus-rumus pendekatan yang ada. Ukuran utama yang digunakan pada perhitungan ini diambil dari hasil regresi kapal pembanding yang ada. Dari ukuran utama tersebut kemudian dihitung harga hambatan, mesin induk, berat dan titik berat, trim, stabilitas, freeboard tonase, hukum archimedes, biaya investasi dan perhitungan lainnya.

#### 4.3.2 Perhitungan Hambatan Total

Hambatan total adalah hambatan yang dialami oleh kapal pada saat kapal bergerak dengan kecepatan tertentu. Dalam hal ini kecepatan kapal yang dimaksud adalah kecepatan dinas kapal, Perhitungan hambatan total kapal dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan daya mesin yang dibutuhkan kapal. Dengan demikian kapal dapat berlayar dengan kecepatan yang sesuai.



Untuk menghitung hambatan kapal, digunakan *metode Holtrop dan Mennen*. Di dalam metode ini, Holtrop membagi hambatan total menjadi tiga komponen hambatan. Komponen tersebut yaitu :

1. Viscous resistance (hambatan kekentalan),
2. Appendages resistance (hambatan karena bentuk kapal), dan
3. Wave making resistance (hambatan gelombang).

Dalam melakukan perhitungan hambatan utama kapal, ada ukuran utama yang terlebih dahulu harus diubah, yaitu  $L_{pp}$  menjadi  $L_{wl}$  dengan rumus sebagai berikut :  
 $L_{wl} = 1.04 L_{pp}$

Adapun untuk rumus hambatan total adalah sebagai berikut :

$$R_T = \frac{1}{2} * \rho * V^2 * S_{tot} * (C_F(1 + k) + C_A) + \frac{R_w}{W} W$$

#### 1) *Viscous Resistance*

*Viscous resistance* (Hambatan kekentalan) adalah komponen hambatan yang terkait dengan energi yang dikeluarkan akibat pengaruh *viscous* (kekentalan.)

Rumus Viscous Resistance dalam "*Principle of Naval Architecture Vol.II*" diberikan sebagai berikut :

$$R_v = \frac{1}{2} \rho \cdot V^2 \cdot C_{FO} (1 + k_1) S$$

Dimana :

$\rho$  = Mass density salt water (1025 kg/m<sup>3</sup>)

$V$  = Service speed [m/s]

$C_{FO}$  = Friction Coefficient (ITTC 1957)

$$= 0,075/(\log R_n - 2)^2$$

$R_n$  =  $V_s \cdot L_{wl} / \nu$  , (Angka reynold)

#### 2) *Appendages Resistance*

Dalam menghitung hambatan kapal yang diakibatkan oleh bentuk badan kapal yang tercelup dalam air, dibutuhkan luas permukaan basah kapal ( $S_{tot}$ ) yang terdiri dari luas badan



kapal WSA (S) dan luas tonjolan-tonjolan seperti kemudi, dan Bilge Keel ( $S_{app}$ ). Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung Appendages Resistance yaitu :

$$1 + k = 1 + k_1 + [1 + k_2 - (1 + k_1)] \frac{S_{app}}{S_{tot}}$$

Sehingga *Appendages Resistance* :

$$R_v = \frac{1}{2} \rho V^2 C_{FO} S_{tot} (1 + k)$$

Dimana :

$$S_{tot} = S + S_{app} \quad [PNA \text{ vol II hal 92}]$$

Di mana:

S = Luas Permukaan Basah

$$= L(2T + B) \cdot C_M^{0.5} \cdot (0.4530 + 0.4425C_B - 0.2862C_M - 0.003467 B/T + 0.3696C_{WP}) + 2.38A_{BT}/C_B$$

$A_{BT}$  = Luas Potongan Penampang *Bulbous Bow* di FP

= 10% Amidship

= 10% x B x T x  $C_m$  ; for bulb B – Series

$k_2$  = *effective form factor of appendages*,

$S_{app}$  = *total wetted surface of appendages*

$$= S_{rudder} + S_{bilge \ keel}$$

$$S_{tot} = S + S_{app}$$

$$S_{rudder} = c_1 * c_2 * c_3 * c_4 * 1,75 * l_{pp} * T / 100 \quad [BKI \text{ vol II hal 14-1}]$$

$C_1$  = factor type kapal

$C_2$  = factor type kemudi

$C_3$  = factor type profil kemudi

$C_4$  = factor letak baling-baling

$S_{bilge \ keel}$  = panjang keel x tinggi keel [ Watson 1998, hal 254]



Panjang keel =  $0.6.C_b.L$

Tinggi keel =  $0.18 / (C_b - 0.2)$

Jika  $k_2$  lebih dari 1, maka dihitung menggunakan rumus ini :

$$R_{\text{wave}} = \frac{1}{2} \rho g \sum_{i=1}^N \frac{H_i^3}{L_i} \left( \frac{H_i}{L_i} \right)^{1/2}$$

### 3) Wave Making Resistance

Untuk menghitung hambatan akibat gelombang, dibutuhkan masukan data seperti berat *Displacement*, sudut masuk, luasan *Bulbous Bow* dan *Transom*. Adapun rumus diberikan sebagai berikut :

$$\frac{R_w}{W} = C_1 C_2 C_3 e^{\{m_1 F_n^d + m_2 \cos(\lambda F_n^{-2})\}}$$

Dimana :

Untuk angka Froude yang rendah [ $F_n \leq 0.4$ ]; harga  $F_n$  kami bekisar antara 0,21877 – 0,22429.

$W$  = Berat *Displacement*

=  $\rho \cdot g \cdot \nabla$  [Newton]

$$C_1 = 2223105 C_4^{3.7861} (T/B)^{1.0796} (90 - i_E)^{-1.3757}$$

Dimana :

$$C_4 = 0.2296 \cdot ((B/Lwl)^{0.3333}) \quad \text{untuk } B/Lwl \leq 0.11$$

$$C_4 = B/Lwl \quad \text{untuk } 0.11 \leq B/Lwl \leq 0.25$$

$$C_4 = 0.5 - 0.0625 \cdot (Lwl/B) \quad \text{untuk } B/Lwl > 0.25$$

Kemudian langkah selanjutnya menghitung hambatan total ( $R_T$ ) dengan rumus diatas.

### 4.3.3 Motor Induk

Menurut Watson (1998) dalam buku *Practical Ship Design*, metode perhitungan besarnya daya mesin induk diawali dengan perhitungan Effective Horse Power (*EHP*) yang dirumuskana dengan persamaan,

$$EHP (P_E) = R_T \cdot V_s$$



Besarnya EHP digunakan untuk menentukan besarnya *Trust Horse Power (THP)* yaitu,

$$THP (P_T) = EHP / \eta_H$$

dimana,

$$\eta_H = \text{Hull effisiensi}$$

$$\eta_H = (1-t)/(1-w)$$

$$t = \text{thrust deduction}$$

$$= 0.1 \quad (\text{untuk single screw with open stern})$$

[PNA vol II Hal 163]

$$w = \text{Wake Fraction} :$$

$$= 0.3 \times C_b + 10 \times C_v \times C_b - 0.1$$

[PNA Vol.II Hal 163]

$$C_v = (1+k) \times C_{F0} + C_A$$

Adapun besarnya *Delivery Horse Power (DHP)* yaitu,

$$DHP (P_D) = EHP / \eta_D$$

dimana,

$$\eta_D = \text{Quasi-propulsive coefficient}$$

$$= \eta_H \times \eta_R \times \eta_O$$

[PNA Vol.II Hal 153]

$$\eta_R = \text{Relative rotative efisiensi}$$

$$= 0.9922 - 0.05908 (AE/A_o) + 0.07424 (C_p - 0.0225 LCB)$$

Untuk single screw propeller,

$$\eta_R = 0.98$$

[PNA Vol.II Hal 163]

$$\eta_O = \text{Open water propeller efisiensi}$$

$$= (J./2\pi) \times (K_t/K_q)$$

[PNA Vol.II Hal 145]

*Open water propeller efisiensi* untuk propeller yang terpasang di buritan kapal adalah,

$$\eta_O = 0.55$$

Sedangkan besarnya *Shaft Horse Power (SHP)* dapat ditentukan dengan persamaan,

$$SHP (P_S) = DHP / \eta_S \eta_B \quad \text{dimana,}$$

$$\eta_S \eta_B = \text{Stertube bearing efisiensi and shaft efisiensi}$$

$$= 0.98 \text{ for machinery aft}$$

$$= 0.97 \text{ for machinery amidship}$$

[Parametric Design hal 11-31]



Adapun besarnya *Break Horse Power (BHP)* dapat ditentukan dengan persamaan,

$$\begin{aligned} \text{BHP (P}_B\text{)} &= \text{SHP} / \eta_g \\ \eta_g &= \text{Reduction gear efficiency} = 0.975-0.98 \\ &= 0.975 \text{ for medium speed diesel} \\ &= 0.98 \text{ for low speed diesel} \end{aligned} \quad [\text{Parametric Design 11-33}]$$

Setelah mendapat harga  $P_B$ , kemudian dilakukan koreksi kerugian akibat letak kamar mesin dan rute pelayaran yang besarnya adalah sebagai berikut,

Koreksi letak kamar mesin,

- = 3% untuk kamar mesin dibelakang
- = 5% untuk kamar mesin ditengah

Koreksi daerah pelayaran,

- = 10-15 % untuk perairan Indonesia
- = 20-30 % untuk Samudera Pasifik
- = 25-35 % untuk Samudera Atlantik
- = 30-40 % untuk Atlantik Utara

Besarnya kebutuhan daya mesin induk merupakan penjumlahan dari besarnya BHP kapal dengan adanya koreksi akibat letak kamar mesin dan rute pelayaran.

$$\text{BHP (P}_B\text{)}_{\text{Tot}} = \text{BHP (P}_B\text{)} + \text{koreksi}$$

#### 4.3.4 Perhitungan berat kapal

Perhitungan berat kapal dilakukan berdasarkan formula yang diberikan *Watson* (1998). Perhitungan berat kapal dibagi menjadi dua bagian yaitu untuk LWT dan DWT. DWT atau bobot mati kapal terdiri dari payload atau muatan bersih, *consumable* dan crew.

Menurut Panunggal (2006) besarnya payload berharga 90% dari DWT. *Consummable* terdiri dari bahan bakar (*fuel oil*), minyak pelumas (*lubrication oil*), minyak diesel (*diesel oil*), air tawar (*fresh water*) dan barang bawaan (*provision and store*). Setelah berat diketahui maka dilakukan perhitungan titik berat DWT untuk mencari harga KG.

*Lightweight* merupakan berat kapal kosong tanpa muatan dan *consummable*. Untuk menghitung berat baja kapal, peralatan, perlengkapan, serta permesinaan ada beberapa pendekatan menurut *Watson*, *Schneekluth*, *Parson*. Untuk perhitungan berat baja lambung



Schneecluth membagi kedalam beberapa bagian antara lain berat baja lambung, berat bangunan atas dan berat rumah geladak.

## 1) Menghitung LWT Kapal

### a) Perhitungan berat baja kapal.

$$W_{si}(\text{Ton}) = K \times E^{1,36}$$

$$E = L(B + T) + 0,85L(D - T) + 0,85 \{(l_1 \cdot h_1) + 0,75(l_2 h_2)\}$$

Dimana :  $K$  = Koefisien faktor; Untuk tankers =  $0,029 \pm 0,035$

$l_1, h_1$  = panjang dan tinggi bangunan atas

$l_2, h_2$  = panjang dan tinggi rumah geladak

### b) Perhitungan berat perlengkapan ( $W_{eo}$ ).

Perhitungan berat perlengkapan ( $EO$ ) dilakukan dengan mengadopsi metode dalam buku *ship design for efficiency and economy* (H Schneekluth, 1998).

$$W_{eo}(\text{Ton}) = [(A_{sp} + A_{dh}) \times C_{alv}] + [A_{md} \times C_{eo}]$$

Dimana :  $A_{sp}$  = Luas bangunan atas

$A_{dh}$  = Luas rumah geladak

$A_{md}$  = Luas geladak cuaca

$C_{alv}$  =  $165 \text{ kg/m}^2$

$C_{eo}$  =  $180 \text{ kg/m}^2$

### c) Perhitungan berat permesinan kapal dilakukan dengan mengadopsi rumusan yang diberikan oleh (Watson, 1998)

### d) Perhitungan berat cadangan

$$W_{res}(\text{Ton}) = (5 - 10)\% \times \text{LWT}$$

## 2) Menghitung DWT Kapal

Dalam perencanaan ini tidak ada perhitungan untuk menentukan besarnya *payload* karena hal tersebut sudah ditentukan sebelumnya dan menjadi parameter dalam proses optimasi. Maka dalam perhitungan DWT kapal hanya akan dilakukan perhitungan untuk *consumable*. Dalam perhitungan ini hanya akan dipengaruhi oleh besarnya BHP mesin serta jumlah *crew* yang bekerja diatas kapal.



## a) Perhitungan Jumlah dan Berat Crew

Jumlah crew :

$$Z_c = C_{st} \cdot C_{dk} \cdot (L \cdot B \cdot H \cdot 35 / 10^5)^{1/6} + C_{eng} (BHP / 10^5)^{1/3} + \text{cadet}$$

 $Z_c$  = Jumlah crew
 $C_{dk}$  = Koeffisien deck department  
 = 11,5 □ 14,5

 $C_{st}$  = Coeffisien steward departement  
 = 1,2 □ 1,33

 $C_{eng}$  = Coeffisien engine departemen  
 = 8,5 □ 11,0 Untuk mesin diesel

cadet = Jumlah cadet

Berat crew :

$$C_{C\&E} = 0,17 \text{ ton/person} \quad (\text{Parson, 2001})$$

$$W_{C\&E} = 0,17 \cdot Z_c$$

Penggunaan jumlah crew dihitung sesuai rumus  $Z_c$  diatas, serta dipertimbangkan pula mengenai peraturan jam kerja yang sesuai dengan peraturan yang dikeluarkan oleh *International Labour Organization* (ILO) yang menegaskan mengenai maksimal kerja tiap cre efektivitas kerja ser w selama 8 jam dengan memberikan jeda waktu istirahat tiap empat jam sekali untuk ta keamanan dan keselamatan kerja.

## b) Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar

Kebutuhan bahan bakar dipengaruhi oleh konsumsi rata-rata bahan bakar dari mesin utama misal diesel engines memberikan harga SFR (specific fuel rate) sebesar 0,000175 t/kWhr dan untuk gensets yang menggunakan diesel memberikan SFR sebesar 0,000252 t/kWhr. Namun pada katalog mesin, konsumsi bahan bakar diberikan sebanyak 199 gr/kW.hr. Diberikan besarnya SFR bersama 25% penggunaan lainnya. Sehingga SFR yang akan dihitung sebesar 0.000250. (Parson, 2001)

Selain itu kebutuhan bahan bakar dipengaruhi oleh MCR atau PB dan lama berlayar. Adapun langkah perhitungannya :

$$WFO = SFR \cdot MCR \cdot \text{range} / V_s \cdot \text{margin} \quad [\text{ton}] \quad (\text{Parson, 2001})$$

SFR = Specific Fuel Rate

= 0,000250 ton/kW hr, untuk diesel engine.

MCR =  $P_B$ 

[ kW ]

Range = jarak pelayaran (S)

[ mil laut]



$$\text{Margin} = [1 + (5\% - 10\%)] W_{FO} \quad [\text{ton}]$$

$$V_{FO} = \frac{W_{FO}}{\rho_{FO}} + \text{koreksi}$$

$$V_{fo} = \text{volume fuel oil} \quad [\text{m}^3]$$

$$\rho_{fo} = \text{berat jenis fuel oil}$$

$$= 0,95 \text{ ton} / \text{m}^3$$

#### Koreksi

$$\text{tambahan konstruksi} = + 2\%$$

$$\text{expansi panas} = + 2\%$$

#### c) Kebutuhan minyak diesel

$$W_{DO} = C_{DO} \cdot W_{FO}$$

$$[\text{ton}] \quad C_{DO} \quad C_{DO} = 0,1 \square 0,2$$

$$V_{DO} = \frac{W_{DO}}{\rho_{DO}} + \text{koreksi}$$

$$V_{DO} = \text{Volume fuel oil} \quad [\text{m}^3]$$

$$\rho_{DO} = \text{Berat jenis fuel oil} = 0,85 \text{ ton} / \text{m}^3$$

#### Koreksi

$$\text{tambahan konstruksi} = + 2\%$$

$$\text{expansi panas} = + 2\%$$

#### d) Kebutuhan Minyak Lumas

Berat kebutuhan minyak lumas untuk mediun speed diesel adalah:

$$W_{LO} = 20 \text{ ton} \quad [\text{Parson, 2001}]$$

$$V_{LO} = \frac{W_{LO}}{\rho_{LO}} + \text{koreksi} \quad [\text{m}^3]$$

$$V_{LO} = \text{Volume fuel oil}$$

$$\rho_{LO} = \text{Berat jenis fuel oil}$$

$$= 0,9 \text{ ton} / \text{m}^3$$

#### Koreksi

$$\text{tambahan konstruksi} = + 2\%$$

$$\text{expansi panas} = + 2\%$$

#### e) Kebutuhan Air Tawar

- Berat air tawar untuk crew :

$$W_{FW1} = 0,17 \text{ ton} / \text{person.day} ; \quad [\text{Parson, 2001}]$$



$$= 0,17 Z_c. (S / V_s) . (1/24) \quad [ \text{ton} ]$$

- Berat air tawar untuk mesin pendingin :

$$W_{FW2} = (2 \sim 5). \text{BHP} . 10^{-3}$$

- Berat air tawar untuk boiler :

$$W_{FW3} = C_{lfw4} . P_B . S / V_s . 10^{-3}$$

$$V_{LO} = \frac{W_{LO}}{\rho_{LO}} + \text{koreksi} \quad [ \text{m}^3 ]$$

$$V_{FW} = \text{volume total air tawar}$$

$$\rho_{FW} = \text{berat jenis air tawar} = 1 \text{ ton} / \text{m}^3$$

Koreksi

$$\text{tambahan konstruksi} = + 2\%$$

$$\text{ekspansi panas} = + 2\%$$

f) Berat Provision and Store

$$WPR = 0,01 \text{ t} / \text{person} \cdot \text{day} \quad [ \text{ton} ]$$

Untuk berat provision, store dan barang bawaan (luggage).

(Parson, 2001)

#### 4.3.5 Perhitungan Titik Berat Kapal

Perhitungan titik berat kapal bertujuan untuk mengetahui letak titik berat kapal dari segi horizontal dan vertikal terhadap badan kapal. Perhitungan ini berkaitan dengan analisa stabilitas kapal. Untuk mengetahui titik berat kapal keseluruhan perlu dilakukan perhitungan terhadap titik berat baja kapal, permesinan, peralatan dan perlengkapan, *payload*, dan *consumable*.

Titik berat baja kapal ditentukan dengan metode pendekatan berdasarkan *Harvald and Jensen Method* yang dikembangkan pada tahun 1992. Perumusannya adalah sebagai berikut :

$$KG (m) = C_{KG} - D_a$$

Dimana :

$$C_{KG} = \text{Koefisien titik berat}$$



Tabel 4.1 Koefisien titik berat berbagai tipe kapal

Type kapal	$C_{KG}$
Passanger ship	0.67 – 0.72
Large cargo ship	0.58 – 0.64
Small cargo ship	0.60 – 0.80
Bulk carrier	0.55 – 0.58
Tankers	0.52 – 0.54

$$C_{KG} = 0,52$$

$D_A$  = Tinggi kapal setelah koreksi *Superstructure* dan *Deck House*

$$D_A \text{ (m)} = D + \frac{V_a + V_{dh}}{L \times B}$$

Dimana :

$$V_a = \text{Volume Bangunan Atas} \quad [m^3]$$

$$V_{dh} = \text{Volume Deck Houses} \quad [m^3]$$

- Perhitungan Titik berat Permesinan

Menurut H. Schneeklutch (1998), titik berat baja permesinan ditentukan dengan metode pendekatan sebagai berikut:

$$KG_m \text{ (m)} = H_{DB} + 0,35(D - H_{DB})$$

Dimana :

$$H_{DB} = \text{Tinggi double bottom} \quad [m]$$

$$D = \text{Tinggi kapal} \quad [m]$$

- Perhitungan Titik berat Peralatan dan Perlengkapan

Menurut H. Schneeklutch (1998), titik berat baja peralatan dan perlengkapan ditentukan dengan metode pendekatan sebagai berikut:

$$KG_{eo} \text{ (m)} = (1,02 \sim 1,08) \times D_A$$

$$\text{Diambil} = 1,02$$

- Perhitungan Titik berat *payload* dan *consumable*

Titik berat *payload* dan *consumable* dapat dihitung berdasarkan letak tangki-tangki *payload* dan *consumable* yang direncanakan.



#### 4.3.6 Perhitungan Trim dan Stabilitas

Perhitungan trim dan stabilitas, selain menjadi bagian dari perhitungan teknis juga menjadi batasan (*constrain*) dalam proses optimasi sehingga dalam setiap iterasi yang terjadi harus selalu menyertakan perhitungan kedua batasan ini. Formula yang digunakan untuk menghitung trim dan stabilitas adalah sebagai berikut :

##### Perhitungan Trim

Batasan *trim* yang digunakan ditentukan sebesar  $\pm 0,1\%$  dari panjang kapal ( $L_{pp}$ ).

Menurut Parson (2001), rumusan yang digunakan ialah sebagai:

$$\text{Trim (m)} = T_A - T_F = \frac{(LCG - LCB)L}{GM_L}$$

Dimana :

$T_A$  = Sarat di AP [m]

$T_F$  = Sarat di FP [m]

LCG = *Longitudinal Center Gravity* [m]

LCB = *Longitudinal Center Bouyancy* [m]

$GM_L$  = Jarak antara titik berat ke titik metacenter [m]

Besarnya *trim* yang terjadi pada kapal sangat dipengaruhi oleh berat dan titik berat seluruh komponen yang ada di atas kapal. Oleh karena itu perlu dilakukan pengaturan posisi komponen yang memiliki berat diatas kapal sehingga trim yng dihasilkan kecil, bahkan kalau bisa tidak terjadi trim (*even keel*)

##### Perhitungan Stabilitas

Selain trim, persyaratan lain yang harus dipenuhi sebagai *constrain* ialah stabilitas. Stabilitas adalah kemampuan kapal untuk kembali pada kedudukan setimbang dalam kondisi air tenang ketika kapal mengalami gangguan oleh gaya tertentu. Kemampuan tersebut dipengaruhi oleh lengan dinamis (GZ) yang membentuk momen kopel yang menyeimbangkan gaya tekan ke atas dengan gaya berat. Komponen stabilitas terdiri dari GZ, KG dan GM. Dalam perhitungan stabilitas, yang paling penting adalah mencari harga lengan dinamis (GZ). Kemudian setelah harga GZ didapat, maka dilakukan pengecekan dengan "*Intact Stability Code, IMO*".



- Definisi Masukan Data:

$L$  =  $L_{wl}$

$B$  = lebar maksimum

$B_w$  = lebar maksimum waterline

$H$  = tinggi waterline

$T$  = sarat muatan penuh

$D_M$  = *minimum depth*

$S_F$  = *sheer* depan

$S_A$  = *sheer* belakang

$\nabla_0$  = *Displacement* pada waterline [long.ton]

$L_d$  = panjang bangunan atas jika dilihat dari sisi kapal

$d$  = tinggi bangunan atas jika dilihat dari sisi kapal

$C_B$  = koefisien blok

$C_w$  = koefisien waterline pada sarat H

$C_X$  = koefisien midship pada sarat H

=  $C_m$

$C_{PV}$  = koefisien prismatic vertikal pada sarat H

=  $\frac{C_B}{C_w}$

$A_0$  = luas *waterline* pada sarat

=  $L \cdot B_w \cdot C_w$

$A_M$  = luas *midship* yang tercelup air

=  $B \cdot H \cdot C_X$

$A_2$  = luas vertical *centerline plane* pada depth D

=  $(0.98 \cdot L \cdot D_M) + S$

$S$  = *sheer*



= luas *centerline plane* di atas minimum *depth* dibagi dengan panjang

$$= (L_d \cdot d) + \left[ \frac{1}{2} \cdot L \cdot \left( \frac{S_F}{3} \right) \right] + \left[ \frac{1}{2} \cdot L \cdot \left( \frac{S_A}{3} \right) \right]$$

D = *depth*

$$= \left( \frac{S}{L} \right) + D_M$$

F = *freeboard*

$$= D - H$$

A<sub>1</sub> = luas *waterline* pada *depth* D yang diestimasi dari A<sub>0</sub> dan tation dasar dibawah *waterline*

$$= 1.01 \cdot A_0$$

- Langkah Perhitungan :

Menurut *George C. Manning* (1956) dalam bukunya *The Theory and Technique of Ship Design* hal. 251 langkah perhitungan stabilitas adalah sebagai berikut :

$$\Delta_T = \Delta_0 + \left( \frac{(A_0 + A_1)}{2} \left( \frac{F}{35} \right) \right)$$

$$\delta = \left( \frac{\Delta_T}{2} \right) - \Delta_0$$

$$C_W' = \frac{A_2}{L \cdot D}$$

$$C_W'' = C_W' - \frac{140\delta}{B \cdot D \cdot L} (1 - C_{PV}')$$

$$C_X' = \frac{A_M - B \cdot F}{B \cdot D}$$

$$C_{PV}' = \frac{35\Delta_T}{A_1 D}$$

$$C_{PV}'' = \frac{35\Delta_T}{A_2 B}$$

$$GG' = KG' - KG$$

$$KG = C_{KG} \cdot D_M$$

$$KG' = \frac{D(1 - h_1)\Delta_T - \delta}{2\Delta_0}$$



$$h_1 = -0.4918 \cdot (C_{PV}')^2 + 1.0632 C_{PV}' - 0.0735 \quad [\text{Manning, hal 254}]$$

$$f_1 = \frac{D \left( 1 - \left( \frac{A_0}{A_1} \right) \right)}{2F(1 - C_{PV}')}$$

$$G'B_0 = KG' - KB_0$$

$$KB_0 = (1 - h_0) \cdot H$$

$$h_0 = 0.335 C_{PV} + 0.1665 \quad [\text{Manning, hal 254}]$$

$$f_0 = \frac{H \left( \left( \frac{A_1}{A_0} \right) - 1 \right)}{2F(1 - C_{PV})}$$

$$G'B_{90} = \left( \frac{\Delta_T h_2 B}{4\Delta_0} \right) - \left( \frac{17.5\delta^2}{\Delta_0 \left( A_2 - 70 \left( \frac{\delta}{B} \right) (1 - C_{PV}'') \right)} \right)$$

$$h_2 = -0.4918 \cdot (C_{PV}'')^2 + 1.0632 \cdot C_{PV}'' - 0.0735 \quad [\text{Manning, hal 254}]$$

$$f_2 = \begin{cases} 9.1 (C_x' - 0.89) & \Rightarrow C_x' \geq 0.89 \\ 0 & \Rightarrow C_x' < 0.89 \end{cases}$$

$$G'M_0 = KB_0 + BM_0 - KG'$$

$$BM_0 = \frac{C_1 \cdot L B w^3}{35\Delta_0}$$

$$C_1 = 0.072 C_{WP}^2 + 0.0116 C_{WP} - 0.0004 \quad [\text{Manning, hal 255}]$$

$$G'M_{90} = BM_{90} - G'B_{90}$$

$$BM_{90} = \left( \frac{C_1' L D^3}{35\Delta_0} \right) + \left( \frac{L_d d D^2}{140\Delta_0} \right)$$

$$C_1' = 0.1272 C_w'' - 0.0437 \quad [\text{Manning, hal 255}]$$

$$GM_0 = KB_0 + BM_0 - KG$$

$$GZ = G'Z' + GG' \sin \phi$$

$$\phi = 0 \sim 90^\circ$$

$$G'Z' = b_1 \sin 2\phi + b_2 \sin 4\phi + b_3 \sin 6\phi$$

$$b_1 = \left( \frac{9(G'B_{90} - G'B_0)}{8} \right) - \left( \frac{G'M_0 - G'M_{90}}{32} \right)$$

$$b_2 = \frac{G'M_0 + G'M_{90}}{8}$$

$$b_3 = \left( \frac{3(G'M_0 - G'M_{90})}{32} \right) - \left( \frac{3(G'B_{90} - G'B_0)}{8} \right)$$

Sebagai batasan stabilitas dalam tugas akhir ini, digunakan regulasi dan persyaratan stabilitas yang ditetapkan oleh IMO. Beberapa ketentuan tersebut antara lain (IMO, 2002) :

- $E 0 \sim 30^\circ \geq 0,055 \text{ m.rad}$   
luas dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $30^\circ$  lebih dari 0,055 meter.radian
- $E 0 \sim 40^\circ \geq 0,09 \text{ m.rad}$   
Luas dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $40^\circ$  lebih dari 0,09 meter.radian
- $E 30^\circ \sim 40^\circ \geq 0,03 \text{ m.rad}$   
luas dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $30^\circ \sim 40^\circ$  lebih dari 0,03 meter.radian
- $h 30^\circ \geq 0,2 \text{ m}$   
lengan penegak GZ paling sedikit 0,2 meter pada sudut oleng  $30^\circ$  atau lebih.
- $GM 0 \geq 0,15 \text{ m}$   
Tinggi metacenter awal tidak boleh kurang dari 0,15 meter

#### 4.3.7 Perhitungan *Freeboard*

Lambung timbul (freeboard) merupakan salah satu jaminan keselamatan kapal selama melakukan perjalanan baik itu mengangkut muatan barang maupun penumpang. Secara sederhana pengertian lambung timbul adalah jarak tepi sisi geladak terhadap air yang diukur pada tengah kapal. Terdapat beberapa peraturan mengenai lambung timbul ini antara lain



untuk kapal yang berlayar hanya diperairan Indonesia dapat mengacu rumusan PGMI (Peraturan Garis Muat Indonesia) tahun 1985. Selain itu, terdapat peraturan Internasional untuk lambung timbul yang dihasilkan dari konferensi Internasional yaitu ILLC (International Load Line Convention) tahun 1966 di kota London. Hasil dari konferensi ini ialah aturan lambung timbul minimum (Freeboard standard) sesuai dengan panjang dan jenis kapal. Peraturan ini juga dilengkapi dengan koreksi-koreksi penentuan freeboard dari nilai awal seperti koreksi panjang kapal, koefisien blok, tinggi kapal, bangunan atas, koreksi sheer, dan koreksi minimum bow height. Peraturan ini harus dipenuhi pada saat perencanaan kapal agar kapal mendapat pengakuan dari lembaga berwenang sekaligus mendapatkan ijin untuk beroperasi.

#### 4.3.8 Biaya Pembangunan Kapal/*Capital Cost*

Biaya Investasi dapat diartikan sebagai biaya pembangunan kapal yang terdiri dari biaya material untuk struktur bangunan kapal, biaya peralatan, biaya permesinan dan biaya pekerja, model cost, trials cost, asuransi dan lain-lain.

Menurut Watsson (1998), perhitungan biaya investasi diperoleh berdasarkan regresi berat baja dengan harga baja per ton sesuai grafik yang diberikan. Adapun langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut:

Input data :

WST	: Berat baja kapal	[ ton ]
WE&O	: Berat peralatan kapal	[ ton ]
WME	: Berat permesinan kapal	[ ton ]

1. Structural cost (biaya berat baja)

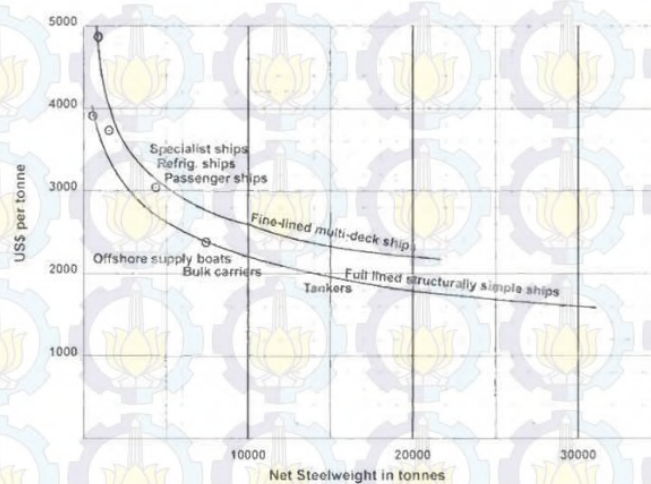
$PST = WST \cdot CST$

PST : Structural cost (biaya berat baja)

CST : Pendekatan biaya berat baja per ton (berdasarkan kurva, Watson 1998)

CST berdasarkan biaya pada tahun 1993 dan termasuk didalamnya biaya untuk material, tenaga kerja dan overhead.





Gambar 4.1 Grafik perkiraan biaya berat baja per ton  
(Watson, 1998)

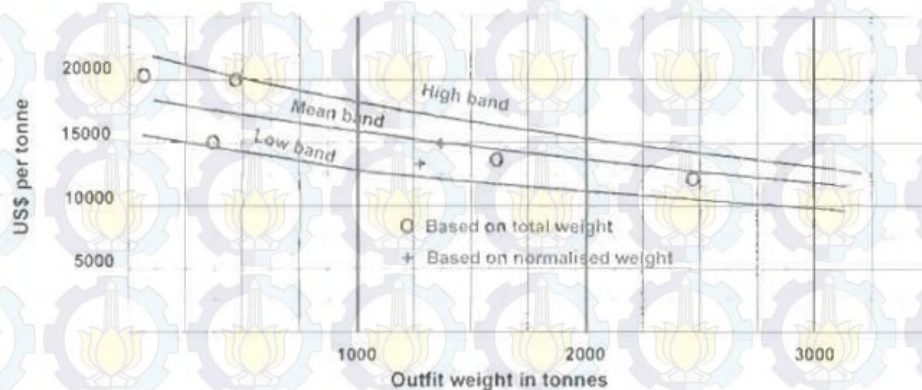
2. Outfit cost (biaya berat peralatan dan perengkanan)

$$PE\&O = WE\&O \cdot CE\&O$$

PE&O : Biaya berat peralatan dan perengkanan

CE&O : Pendekatan biaya berat baja per ton (berdasarkan kurva, Watson 1998)

CE&O berdasarkan biaya pada tahun 1993 dan termasuk didalamnya biaya untuk material, tenaga kerja dan overhead



Gambar 4.2 Grafik perkiraan biaya outfit per ton  
(Watson, 1998)

3. Machinery cost (biaya berat permesinan)

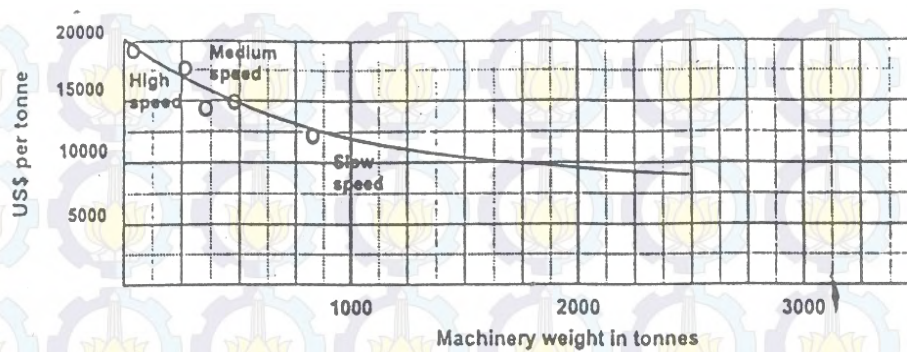
$$PME = WME \cdot CME$$

PME : Biaya berat permesinan

CME : pendekatan biaya berat baja per ton

CME berdasarkan biaya pada tahun 1993 dan termasuk didalamnya biaya untuk material, tenaga kerja dan overhead.





Gambar 4.3 Grafik perkiraan biaya permesianan per ton  
(Watson, 1998)

#### 4. Non-Weight cost

Biaya ini merupakan biaya – biaya uang tidak dapat dikelompokkan dengan ketiga grup biaya sebelumnya. Contohnya :

- Biaya untuk drawing office labour and overhead.
- Biaya untuk biro klasifikasi dan Departemen Perhubungan.
- Biaya consultansi.
- Biaya tank test.
- Models cost
- Launch expenses
- Biaya lain – lain.

$$PNW = CNW \cdot (PST + PE\&O + PME)$$

CNW = 7,5% - 12%, untuk galangan kecil, 10% untuk galangan besar

Kapal yang dirancang digunakan CNW = 10 % untuk kapal atau galangan besar

#### 4.4 Optimasi

Setelah dilakukan perhitungan awal, kemudian hasil perhitungan awal tersebut dibagi menjadi beberapa kelompok, Yaitu :

##### Variable

*Variable* adalah sesuatu harga yang nantinya akan di olah dan divariasikan oleh Solver untuk mendapatkan suatu harga yang optimum. Dalam tugas akhir ini yang menjadi *variable* adalah :

- Panjang ( L )
- Lebar ( B )



- c. Sarat ( T )
- d. Tinggi ( H )

#### *Parameter*

*Parameter* merupakan sebuah harga yang sudah ditentukan sebelumnya. Parameter tidak akan berubah harganya selama proses optimasi. Parameter dalam Tugas Akhir ini adalah jumlah muatan (*payload*).

#### *Batasan*

Batasan adalah sesuatu yang membatasi proses optimasi. Untuk tidak melebihi harga – harga tertentu. Batasan dalam Tugas Akhir ini adalah peraturan – peraturan yang berlaku dan ketentuan – ketentuan yang telah ditetapkan sebelumnya yaitu :

- a. Hukum Archimedes
- b. Kapasitas ruang muat
- c. Trim
- d. Stabilitas
- e. Freeboard

#### *Objective Function*

Yang dimaksud dengan *Objective Function* dalam tugas akhir ini adalah sebuah perhitungan yang dijadikan sebagai acuan, di tugas akhir ini yang menjadi *Objective function* adalah biaya pembangunan kapal yang semimum mungkin namun masih memenuhi batasan – batasan yang ditentukan.

### **4.5 Ukuran Utama Optimum**

Setelah dilakukan optimasi, maka akan didapatkan ukuran utama yang optimum. Namun bukan tidak mungkin hasil dari optimasi tersebut tidak memenuhi batasan - batasan yang telah ditentukan sebelumnya, dikarenakan keterbatasan iterasi yang dapat dilakukan oleh program Solver tersebut. Oleh karena itu, jika setelah dilakukan optimasi masih terdapat harga yang tidak memenuhi, perlu dilakukan optimasi kembali hingga didapatkan harga yang memenuhi persyaratan – persyaratan yang telah ditentukan. Ukuran utama dikatakan optimum jika memenuhi semua parameter dan batasan serta mendapatkan harga kapal yang minimum.

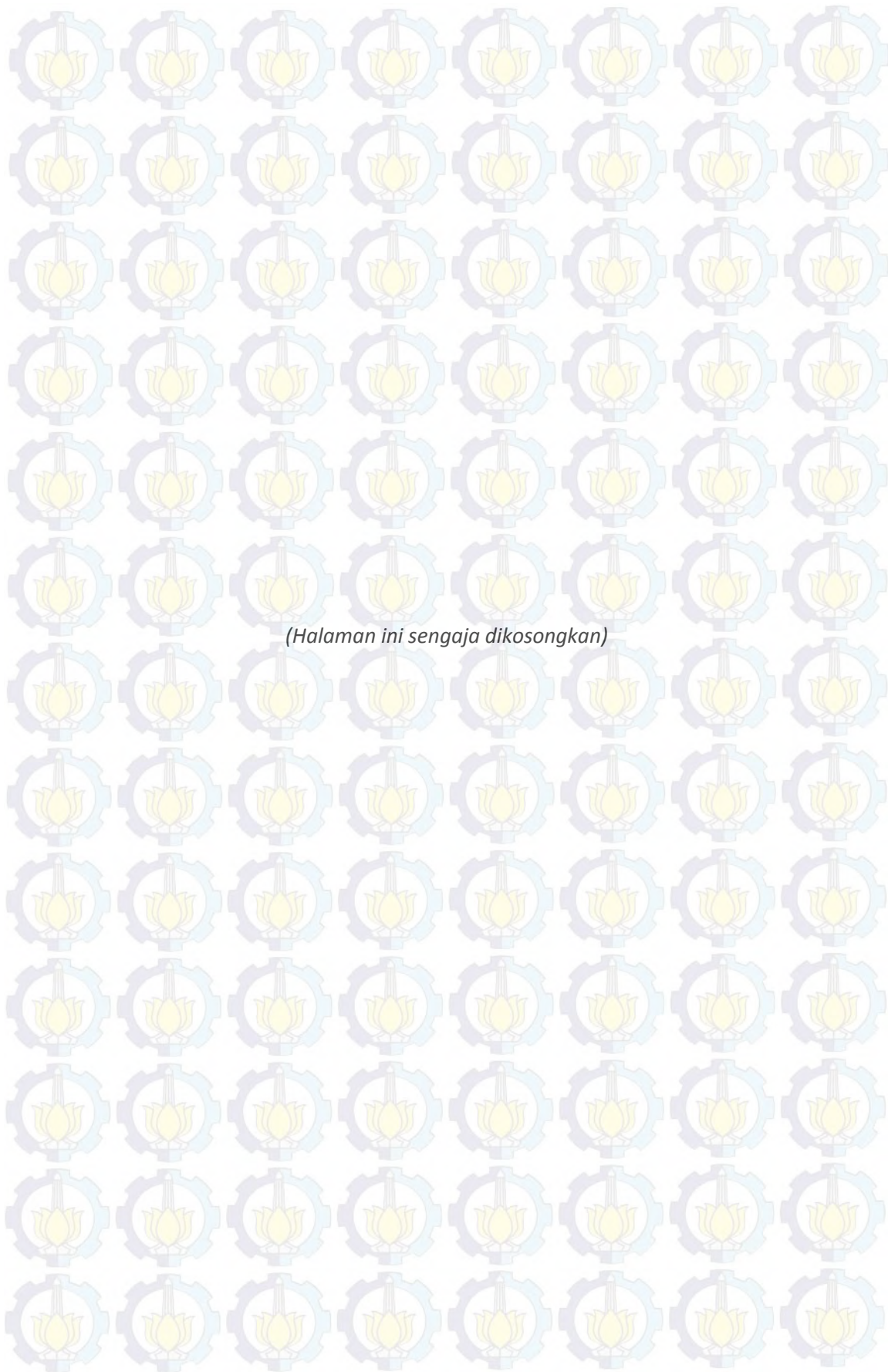


#### **4.6 Pembuatan Rencana Garis**

Setelah didapatkan ukuran utama yang optimum, maka langkah selanjutnya adalah membuat rencana garis dari kapal tersebut. Pembuatan rencana garis pada tugas akhir ini dilakukan dengan bantuan program Maxsurf dan Autocad.

#### **4.7 Pembuatan Rencana Umum**

Sebagai perencanaan awal, perlu dibuat rencana umum yang mewakili perencanaan kapal secara keseluruhan. Rencana umum ini dibuat berdasarkan layout yang telah dibuat dari rencana garis. Perencanaan ruang akomodasi, tangki – tangki dan yang lainnya dilakukan berdasarkan dari perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya serta mengacu pada peraturan – peraturan yang berlaku. Rencana umum dibuat dengan menggunakan program Autocad.





## BAB V

### ANALISA PEMBAHASAN

#### 5.1 OWNER REQUIREMENT

Dari data yang telah diolah sebelumnya, dapat ditarik beberapa kriteria yang dirangkum menjadi owner requirement sebagai berikut :

Jenis Kapal : SPCB  
Jenis Muatan : Batubara  
Kuantitas Muatan/Payload : 10000 ton  
Kecepatan Dinas : 10 knot  
Radius Pelayaran : 1037,15 mil laut  
: 1920,8 km  
Rute : Tanah Merah - Paiton  
Klasifikasi : BKI

#### 5.2 DATA KAPAL PEMBANDING

Ukuran utama awal (*intial value*) didapatkan dari hasil regresi kapal pembanding yang ada. Pemilihan kapal pembanding disesuaikan dengan tipe kapal dengan besar yang sama dengan *range* :  $80\% \leq DWT \leq 130\%$ .

Tabel 5.1 Kapal Pembanding

No	Nama Kapal	Payload	Loa	Lpp	B	H	T
1	GA 8000 Coal	8000	94	91,20	24	7	5
2	Sinar Kintap	8047	95,44	92,3	21	7	5
3	-	10000	106,02	101,6	25	8	5,9
4	-	10300	100,04	96,4	24	7,5	5,8
5	-	10300	103,8	98,32	25	7,5	5,65
6	-	11000	91,44	88,45	30,5	6,71	5,4
7	-	12450	139,5	135,71	32	8	5,4

Dari data kapal pembanding tersebut kemudian didapatkan ukuran utama awal sebagai berikut :

Tabel 5.2 Ukuran Utama Awal

NO	DATA	NILAI	UNITS
1	L	95,05	m
2	B	25,64	m
3	T	5,55	m
4	H	7,32	m
5	Vs	10	knot
6	Vs	5,14	m/s

### 5.3. HAMBATAN

Perhitungan hambatan kapal pada Tugas Akhir ini menggunakan metode Holtrop & Mennen, dengan pembagian komponen hambatan total menjadi beberapa komponen, yaitu hambatan gesek dan hambatan gelombang (*wave making resistance*).

#### 5.3.1. Hambatan Gesek

##### a) Viscous Resistance

Koefisien hambatan kekentalan dari hasil perhitungan adalah :

$$C_{FO} = 0,00170$$

$$1 + k_1 = 1,5211$$

##### b) Appendage Resistance

Koefisien hambatan akibat tonjolan badan kapal adalah :

$$1 + k_2 = 1,9276$$

##### c) Hambatan gesek

Koefisien hambatan gesek secara keseluruhan adalah :

$$1 + k = 1,53$$

#### 5.3.2. Hambatan Gelombang

Hambatan gelombang terjadi karena adanya gesekan antara badan kapal dengan gelombang yang terjadi karena bergerakinya kapal. Koefisien hambatan gelombang yang didapat dari perhitungan adalah sebagai berikut :

$$R_w / W = 1,00E-04$$



### 5.3.3. Hambatan Total

Hambatan total didapat dengan menjumlahkan beberapa harga dari masing – masing komponen yang dijelaskan di atas

$$\begin{aligned} R_{\text{Total}} &= 153568,35 \quad [ \text{ N } ] \\ &= 153,57 \quad [ \text{ kN } ] \end{aligned}$$

### 5.4. MACHINERY

Untuk pemilihan motor induk dari suatu kapal, maka dibutuhkan perkiraan daya dari motor induk agar bisa beroperasi dengan baik sesuai dengan kebutuhan. Daya motor induk dapat diperkirakan dengan mempergunakan hasil perhitungan hambatan total kapal, dengan mengambil data mesin dari catalog produk. Berikut proses perhitungan daya mesin yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned} \text{EHP(HP)} &= 1074,77 && \text{Hp} \\ \text{DHP} &= 1680,56 && \text{Hp} \\ \text{BHP} &= 2152,32 && \text{Hp} \\ \text{BHP} &= 1583,05 && \text{Kw} \end{aligned}$$

Mengacu pada power mesin yang dibutuhkan seperti di atas, maka mesin yang dipilih harus memenuhi kebutuhan daya tersebut.

### 5.5. PERHITUNGAN MASSA DAN TITIK PUSAT MASSA DWT

Bobot mati kapal terdiri dari payload atau muatan bersih, *consummable* dan crew. Payload berharga 90% dari DWT (Panunggal, 2006), *consummable* terdiri dari bahan bakar (*fuel oil*), minyak pelumas (*lubrication oil*), minyak diesel (*diesel oil*), air tawar (*fresh water*) dan barang bawaan (*provision and store*). Setelah berat diketahui maka dilakukan perhitungan titik berat DWT untuk mencari harga KG.

#### 5.5.1. Crew dan *Consummable*

##### a) Jumlah dan Berat Crew

Jumlah Crew merupakan fungsi dari besarnya kapal dan daya mesin yang dibutuhkan. Dengan formula sebagai berikut :

$$Z_C = C_{st} \cdot C_{dk} \cdot (L B H \cdot 35 / 10^5)^{1/6} + C_{eng} (BHP / 10^5)^{1/3} + cadet$$

(Parson, 2001)

Dari formula tersebut didapatkan jumlah crew sebanyak 23 orang, sedangkan berat crew dan perlengkapannya di asumsikan sebesar 0,17 ton/orang. Sehingga dapat dihitung perkiraan total berat crew sebesar 3,97 ton.

#### b) Berat Consumable

Dari rumus – rumus pendekatan yang ada, didapatkan jumlah berat consumable sebagai berikut :

Fuel Oil	= 34,31	Ton
Diesel Oil	= 5,15	Ton
Lubrication Oil	= 20	Ton
Fresh Water	= 27,94	Ton
Provision and store	= 1,01	Ton

#### c) Volume consumable

Volume *consumable* dapat diketahui dari mengalikan berat kebutuhan dibagi dengan massa jenisnya masing – masing.

Fuel Oil	= 37,57	Liter
Diesel Oil	= 6,30	Liter
Lubrication Oil	= 23,11	Liter
Fresh Water	= 29,05	Liter

### 5.5.2. Titik Berat

#### a) Crew

Titik berat crew dapat diketahui dengan menentukan susunan crew pada tiap geladak. Dari susunan crew tiap geladak tersebut, maka dapat diketahui berat crew tiap ruang, maka diketahui titik berat crew sebagai berikut.

Tabel 5.3 Titik Berat Crew

Titik Berat Crew		
KG	KG I	6,70
	KG II	9,20
	KG III	11,70



LCG	<b>LCG I</b>	92,87
	<b>LCG II</b>	89,57
	<b>LCG III</b>	88,37
Titik berat	<b>KG</b>	8,31
	<b>LCG</b>	91,19

b) Air Tawar :

Dalam perencanaannya tangki air tawar di letakkan di belakang sekat ceruk buritan dan di atas garis air dengan dimensi dan titik beratnya sebagai berikut :

Tabel 5.4 Titik Berat Air Tawar

Titik berat air tawar		
Dimensi tangki	<b>t<sub>FW</sub></b>	1,93
	<b>l<sub>FW</sub></b>	16,84
	<b>p<sub>FW</sub></b>	0,89
Titik Berat	<b>KG<sub>FW</sub></b>	8,35
	<b>LCG<sub>FW</sub></b>	100,92

c) Lubrication Oil :

Tangki Lubrication oil diletakkan di depan sekat kamar mesin dan di dalam double bottom dengan dimensi dan titik beratnya sebagai berikut :

Tabel 5.5 Titik Berat Lubrication Oil

Titik berat lubrication oil		
Dimensi tangki	<b>t<sub>LO</sub> = h<sub>db</sub></b>	1,52
	<b>l<sub>LO</sub></b>	12,95
	<b>p<sub>LO</sub></b>	1,18
Titik Berat	<b>KG<sub>LO</sub></b>	0,76
	<b>LCG<sub>LO</sub></b>	81,48

## d) Diesel Oil :

Tangki Diesel Oil di letakkan di belakang sekat depan kamar mesin dengan dimensi dan titik beratnya sebagai berikut :

Tabel 5.6 Titik Berat Diesel Oil

Titik berat diesel oil		
Dimensi tangki	$t_{DO} = h_{db}$	1,52
	$l_{DO}$	16,84
	$p_{DO}$	0,25
Titik Berat	$KG_{DO}$	0,76
	$LCG_{DO}$	80,01

## e) Fuel Oil :

Tangki Fuel oil diletakkan di depan sekat kamar mesin. dengan dimensi dan titik beratnya sebagai berikut :

Tabel 5.7 Titik Berat Fuel Oil

Titik Berat Fuel Oil		
Dimensi tangki	$t_{FO} = h_{db}$	1,52
	$l_{FO}$	16,84
	$p_{FO}$	1,47
Titik Berat	$KG_{FO}$	0,76
	$LCG_{FO}$	78,41

## f) Titik Berat Consumable

Dari titik berat masing–masing komponen consumable dapat di hitung titik berat total consumable dengan harga sebagai berikut.

$$KG = 3,609$$

$$LCG = 91,78$$

## 5.6. PERHITUNGAN MASSA DAN TITIK PUSAT MASSA LWT

*Lightweight* adalah berat kapal kosong tanpa adanya muatan dan *consumable*. Hanya berat baja yang membentuk badan kapal, peralatan, perlengkapan dan permesinan saja. Untuk



memudahkan dalam mendapatkan nilai pendekatan, maka akan *Lightweight* dibagi menjadi kedalam beberapa bagian yaitu berat badan kapal dan berat peralatan dan perlengkapan.

### 5.6.1. Berat Baja kapal

Berat baja badan kapal dibagi menjadi dua bagian, yaitu berat lambung kapal dan berat rumah geladak.

#### a) Berat baja lambung kapal

Tabel 5.8 Berat Baja Kapal

Berat Baja Lambung Kapal		
VD	C <sub>BD</sub>	0,87
	V <sub>D</sub>	16753,50
Vb	b	0,52
	C <sub>3</sub>	0,61
	V <sub>b</sub>	823,15
VL		327,87
Vu		17904,52
Faktor pengali	C <sub>1</sub>	0,1032
	A	1,0533
	B	0,9493
	C	0,9170
	D	0,9777
	E	0,9363
	F	1,00024
W <sub>StR</sub>		1550,61

#### b) Berat *Deckhouse* dan *Forecastle*

Dengan menggunakan acuan jumlah crew, maka dimensi deckhouse diasumsikan sama dengan kapal pembanding dengan jumlah crew yang sama.

Tabel 5.9 Perencanaan Dimensi dan Berat Deckhouse

Berat Deckhouse				
	Layer I	Layer II	Layer III	Wheelhouse
C <sub>DH</sub>	0,086	0,084	0,078	0,080
ld	21,60	15,00	12,60	11,40
bd	23,90	21,90	19,90	17,90
h	2,5	2,5	2,5	2,5
Fu	258,12	164,25	125,37	102,03
K1	0,998	0,998	0,998	0,998

<b>fi</b>	21,38	14,85	12,474	11,286
<b>K2</b>	0,9156	0,95	0,960	0,966
<b>K3</b>	0,943	0,943	0,943	0,943
<b>G<sub>DH</sub> II</b>	47,81	30,78	22,087	18,55
<b>SG<sub>DH</sub></b>	<b>119,22</b>			
<b>Total Steel Weight</b>	<b>2029,41</b>			

Tabel 5.10 Perencanaan Dimensi dan Berat Forecastle

Berat Superstructure		
Berat forecastle ( WFC )	<b>lf</b>	10,05
	<b>bf</b>	25,90
	<b>tf</b>	2,5
	<b>V<sub>FC</sub></b>	325,272
	<b>C<sub>FC</sub></b>	0,1
	<b>W<sub>FC</sub></b>	32,53
<b>Total Berat</b>		<b>32,53</b>

## c) Total Berat Baja Kapal

Total berat baja badan kapal dapat dihitung dengan menjumlahkan berat lambung kapal, berat *deckhouse* dan berat *forecastle*, yaitu sebesar **2029,41** ton.

**5.6.3. Total Berat ( LWT )**

Total LWT ( *Lighweight* ) dihitung dengan menjumlahkan berat baja kapal dan berat peralatan dan perlengkapan.

Tabel 5.11 Total Berat

	Baja	E&O	Machinery
<b>W</b>	2029,41	278,84	178,12
<b>KG</b>	5,79	9,19	3,57
<b>LCG</b>	53,45	56,50	92,47
<b>LWT [ ton ]</b>	<b>2486,37</b>		

Berat baja kapal = 2029,41 ton

Berat Machinery = 178,12 ton

Berat peralatan dan perlengkapan = 278,84 ton

Total berat LWT = **2486,37** ton



#### 5.6.4. Titik Berat Baja

Hasil perhitungan titik berat baja dihitung dengan menggunakan rumus pendekatan dapat dilihat dalam tabel dibawah ini.

Tabel 5.12 KG Baja

Lambung Kapal		Ds	9,5545
		KG <sub>StR</sub>	5,70
Superstructure	Forecastle	KG <sub>FC</sub>	1,75
Deckhouse	Layer I	KG <sub>DH II</sub>	11,63
	Layer I	KG <sub>DH III</sub>	14,03
	Layer III	KG <sub>DH IV</sub>	16,43
	Wheelhouse	KG <sub>DH Wh</sub>	18,83
Titik Berat Baja Total	Hull	WStR x KG <sub>StR</sub>	10711,70
	Forecastle	W x KG <sub>FC</sub>	56,92
	Layer I	W x KG <sub>DH II</sub>	556,04
	Layer II	W x KG <sub>DH III</sub>	431,80
	Layer III	W x KG <sub>DH IV</sub>	362,88
	Wheelhouse	W x KG <sub>DH Wh</sub>	349,29
KG steel weight		S W x KG / S W	5,79

Tabel 5.13 LCG Baja

LCG steel weight		
LCG	3,199	%
LCG	3,21	[ m ]
LCG	53,45	dr FP

#### 5.6.5. Titik Berat Equipment & Outfitting

Titik berat equipment & outfitting secara keseluruhan dapat dilihat dari tabel dibawah ini :

Tabel 5.14 Titik Berat Oquipment & Outfitting

Titik Berat				
	Layer I	Layer II	Layer III	Wheelhouse
ld	21,60	15,00	12,60	11,40
bd	23,90	21,90	19,90	17,90
td	2,50	2,50	2,50	2,50
V <sub>II</sub>	1290,60	821,25	626,85	510,15
V <sub>DH</sub>			3248,85	

<b>D<sub>A</sub></b>	8,75
<b>KG<sub>MO</sub></b>	9,19
LCG dari midship	-6,26
LCG dari FP	56,50

### 5.6.6. Titik Berat Machinery

Berat permesinan kapal diasumsikan 25% dari berat *equipment* dan *outfitting*.

Tabel 5.15 Titik Berat Permesinan

Machinery	
<b>25% W<sub>E&amp;O</sub></b>	69,71
<b>LCG<sub>M</sub></b>	-42,24
<b>LCG<sub>M</sub> From FP</b>	92,47
<b>LCG<sub>1</sub></b>	3,00
<b>Lcb</b>	17,92
<b>Lkm</b>	21,60

## 5.7 KAPASITAS RUANG MUAT

Kapasitas ruang muat dihitung dari volume kapal dibawah geladak utama, dikurangi volume kamar mesin, *double bottom*, ceruk buritan maupun ceruk haluan, *hopper side tank* dan *top side tank* dan tangki-tangki lainnya. Dari perhitungan yang telah di optimasi, didapatkan :

Tabel 5.16 Tabel Kapasitas Ruang Muat

Perhitungan			
Camber	<b>C</b>	0,518	Tinggi chamber
	<b>C<sub>m</sub></b>	0,345	mean chamber
Sheer	<b>S<sub>a</sub></b>	0,0011	tinggi sheer pada AP
	<b>S<sub>f</sub></b>	0,0022	tinggi sheer pada FP
	<b>S<sub>m</sub></b>	0,00054	mean sheer
<b>D'</b>		7,726	capacity depth
Cb Deck	<b>Section</b>	<b>U section</b>	
	<b>c</b>	0,3	
	<b>Cb deck</b>	0,875	
<b>V<sub>h</sub></b>		17588,51	total volume kapal di bawah upper deck dan diantara perpendicular
<b>V<sub>u</sub></b>		0,00	cargo capacity yang tersedia di atas upper deck seperti hatch
<b>s</b>		0,02	
Kamar Mesin	<b>Lkm</b>	17,92	panjang kamar mesin
	<b>lebar</b>	12,95	Lebar kamar mesin



Ceruk Buritan	tinggi	7,38	tinggi kamar mesin
	V <sub>km</sub>	1712,25	panjang x lebar x tinggi
	L <sub>cb</sub>	3	panjang ceruk buritan
	lebar	12,95	lebar ceruk buritan
	tinggi	7,38	tinggi ceruk buritan
Ceruk Haluan	V <sub>cb</sub>	143,36	volume ceruk buritan
	L <sub>ch</sub>	4,63	panjang ceruk haluan
	lebar	12,95	lebar ceruk haluan
	tinggi	7,38	tinggi ceruk haluan
V <sub>m</sub>	V <sub>ch</sub>	177,16	volume ceruk haluan
			volume yang dibutuhkan untuk ruang mesin , tangki – tangki, dan lain – lainnya yang termasuk dalam V <sub>h</sub>
	V <sub>r</sub>	15555,75	Volume Ruang Muat
	Koreksi		Ket :
Double Bottom	L <sub>rm</sub>	77,43	panjang ruang muat
	lebar	25,90	
	h	1,52	
	V <sub>db</sub>	3039,30	volume double bottom
Top Side Tank	b	0,00	((B - hatch width) / 2) - 0.9
	A <sub>TST</sub>	0,00	Cross sectional area
	V <sub>TST</sub>	0	volume top side tank
Hopper Side Tank	w	0,00	Hatch width / 2 + overlap
	A <sub>HST</sub>	0,00	Cross sectional area
	V <sub>HST</sub>	0,00	Volume hopper side tank
V <sub>r'</sub>		12516,45	Volume ruang muat setelah dikoreksi

## 5.8 STABILITAS

Stabilitas adalah kemampuan dari sebuah kapal untuk kembali ke keadaan semula setelah dikenai oleh gaya luar. Kemampuan itu dipengaruhi lengan dinamis ( GZ ) yang membentuk momen kopel yang menyeimbangkan gaya tekan ke atas dengan gaya berat. Komponen-komponen stabilitas terdiri dari GZ, KG dan GM, ketiga komponen tersebut sangat berperan penting dalam stabilitas.

Tabel 5.17 Lengan Statis

Heel Angle	$GG' \sin 1f$	$b_1 \sin 2f$	$b_2 \sin 4f$	$b_3 \sin 6f$	GZ	GZ [m]
0	0	0	0	0	0	0,0000
5	-0,0479	2,0280	1,6631	-0,0954	3,5478	1,0814
10	-0,0953	3,9944	3,1257	-0,1653	6,8594	2,0907
15	-0,1421	5,8394	4,2112	-0,1909	9,7176	2,9619
20	-0,1878	7,5070	4,7888	-0,1653	11,9427	3,6401
25	-0,2321	8,9465	4,7888	-0,0954	13,4078	4,0867
30	-0,2745	10,1141	4,2112	0,0000	14,0508	4,2827
35	-0,3149	10,9745	3,1257	0,0954	13,8806	4,2308
40	-0,3529	11,5013	1,6631	0,1653	12,9768	3,9553
45	-0,3883	11,6788	0,0000	0,1909	11,4814	3,4995
50	-0,4206	11,5013	-1,6631	0,1653	9,5829	2,9209
55	-0,4498	10,9745	-3,1257	0,0954	7,4944	2,2843
60	-0,4755	10,1141	-4,2112	0,0000	5,4274	1,6543
65	-0,4976	8,9465	-4,7888	-0,0954	3,5645	1,0865
70	-0,5160	7,5070	-4,7888	-0,1653	2,0369	0,6208
75	-0,5304	5,8394	-4,2112	-0,1909	0,9069	0,2764
80	-0,5407	3,9944	-3,1257	-0,1653	0,1626	0,0496
85	-0,5470	2,0280	-1,6631	-0,0954	-0,2776	-0,0846
90	-0,5491	0,0000	0,0000	0,0000	-0,5491	-0,1674



Tabel 5.18 Lengan Dinamis

Lengan Dinamis		
	(Ld)	( LD [ m.rad ] )
<b>h</b>	0,0873	
<b>10<sup>0</sup></b>	0,6123	0,1866
<b>20<sup>0</sup></b>	1,6776	0,5113
<b>30<sup>0</sup></b>	2,3162	0,7060
<b>40<sup>0</sup></b>	2,8051	0,8550
<b>L<sub>D</sub>Total</b>	7,4112	2,2589

GZ max = 4,2827 m

Pada = 30 °

### 5.9 TRIM

Trim adalah gerakan kapal yang mengakibatkan tidak terjadinya even keel atau gerakan kapal mengelilingi sumbu Y secara tepatnya. Trim ini terjadi akibat dari tidak meratanya momen statis dari penyebaran gaya berat. Trim dibedakan menjadi dua yaitu trim haluan dan trim buritan. Trim haluan yaitu sarat haluan lebih tinggi daripada sarat buritan sedangkan trim buritan adalah keadaan dimana sarat buritan lebih tinggi daripada sarat haluan.

Tabel 5.19 Hidrostatic Properties

Hidrostatic Properties		
<b>KB</b>	<b>KB/T</b>	0,5143
	<b>KB</b>	2,80
<b>BM<sub>T</sub></b>	<b>C<sub>I</sub></b>	0,0697
	<b>I<sub>T</sub></b>	121628,835
	<b>BM<sub>T</sub></b>	9,97
<b>BM<sub>L</sub></b>	<b>C<sub>IL</sub></b>	0,0673
	<b>I<sub>L</sub></b>	1768513,45
	<b>BM<sub>L</sub></b>	145,00

Tabel 5.20 Kondisi Trim Kapal

Trim	
<b>GM<sub>L</sub></b>	143,06
<b>Trim</b>	0,02
<b>Kondisi</b>	<b>Trim Buritan</b>

## 5.10 FREEBOARD

Tabel 5.21 Freeboard Standard

Type kapal	<b>B</b>	<b>Type B</b>
<b>Freeboard standard</b>	<b>Fb</b>	1271,00
<b>L &lt; 100 m</b>	<b>+Fb<sub>1</sub></b>	<b>No Correction</b>
<b>Block Coefficient</b>	<b>+Fb<sub>2</sub></b>	1472,32
<b>Depth</b>	<b>R</b>	209,31
	<b>+Fb<sub>3</sub></b>	142,75
<b>Forecastle</b>	<b>l<sub>Fc</sub></b>	10,05
	<b>hs<sub>Fc</sub></b>	2,05
	<b>h</b>	2,50
	<b>l<sub>sFC</sub></b>	10,05
	<b>l<sub>sFC</sub> [ x. L ]</b>	0,1
	<b>Status</b>	<b>No Reduced</b>
<b>Effectif Length S.structure</b>	<b>E</b>	10,05
	<b>E [ x.L ]</b>	0,10
	<b>-%Fb</b>	15%
	<b>-Fb<sub>4</sub></b>	-191
<b>Sheer Standart</b>	<b>Sa</b>	0,0000
	<b>Sf</b>	0,0000
	<b>+Fb<sub>6</sub></b>	<b>No Correction</b>
<b>Total Freeboard</b>	<b>Fb' [ mm ]</b>	1424,42
	<b>Fb' [ m ]</b>	1,42



Minimum Bow	<b>Bwm [ mm ]</b>	3881,04
Height	<b>Bwm [ m ]</b>	3,88
<b>Actual Freeboard</b>	<b>Fba</b>	1,93
<b>Kondisi</b>	<b>( Fba - Fb' )</b>	<b>Accepted</b>
<b>Minimum Bow Height</b>	<b>Fba + Sf + h<sub>FC</sub></b>	4,43
	<b>Kondisi</b>	<b>Accepted</b>

### 5.11. TONASE KAPAL

#### a) Gross Tonnage

Tabel 5.22 Gross Tonnage

<b>Gross Tonnage</b>	
<b>V<sub>U</sub></b>	19722,80
<b>V<sub>H</sub></b>	3574,12
<b>V</b>	23296,92
<b>K<sub>1</sub></b>	0,2873
<b>GT</b>	6694,28

#### b) Net Tonnage

Tabel 5.23 Net Tonnage

<b>Net Tonnage</b>	
<b>V<sub>c</sub></b>	12499,97
<b>K<sub>2</sub></b>	0,2819
<b>K<sub>3</sub></b>	2,0868
<b>a</b>	3416,81
<b>a<sup>3</sup> 0.25GT</b>	<b>yes</b>
<b>NT</b>	3425,44
<b>NT<sup>3</sup> 0.30GT</b>	<b>yes</b>

## 5.12. BIAYA

Biaya Investasi terdiri dari biaya material untuk struktur bangunan kapal, biaya peralatan, biaya permesinan.

### 5.12.1. Structural Cost

Tabel 5.24 Structural Cost

<b>Structural Cost</b>	<b>W<sub>ST</sub></b>	2029,41	Rp 45.028.265.966
	<b>C<sub>ST</sub></b>	1759,54	
	<b>P<sub>ST</sub></b>	\$3.570.837,90	

$$PST = WST \cdot CST [US \$]$$

WST= Berat baja struktur

CST = Pendekatan biaya berat baja per ton

CST termasuk didalamnya biaya untuk material, tenaga kerja dan overhead. (Watson, 1998)

### 5.12.2. Outfit cost

Tabel 5.25 Outfit Cost

<b>Outfit Cost</b>	<b>W<sub>E&amp;O</sub></b>	278,84	Rp 33.619.645.648
	<b>C<sub>E&amp;O</sub></b>	9561,57	
	<b>P<sub>E&amp;O</sub></b>	\$2.666.109,88	

$$PE\&O = WE\&O \cdot CE\&O [US \$]$$

WE&O= Berat Outfit

CE&O = Pendekatan biaya berat baja per ton

CE&O termasuk didalamnya biaya untuk material, tenaga kerja dan overhead. (Watson, 1998)

### 5.12.3. Machinery cost

Tabel 5.26 Machinery Cost

<b>Machinery Cost</b>	<b>W<sub>ME</sub></b>	178,12	Rp 40.613.331.584
	<b>C<sub>ME</sub></b>	18081,32	
	<b>P<sub>ME</sub></b>	\$3.220.724,15	

$$PME = WME \cdot CME [US \$]$$

WME= Berat machinery

CME = pendekatan biaya berat baja per ton

CME termasuk didalamnya biaya untuk material, tenaga kerja dan overhead. (Watson, 1998)



#### 5.12.4. Non weight cost [ PNW ]

Biaya ini merupakan biaya – biaya yang tidak dapat dikelompokkan dengan ketiga grup biaya sebelumnya. Contohnya :

- Biaya untuk drawing office labour and overhead.
- Biaya untuk biro klasifikasi dan Departemen Perhubungan.
- Biaya konsultasi.
- Biaya tank test.
- Models cost
- Biaya lain – lain.

Untuk kapal yang dirancang digunakan CNW = 10 % dari total biaya pembangunan untuk kapal atau galangan besar.

#### 5.12.5. Total Cost

Biaya pembangunan kapal didapatkan dari menjumlahkan structural cost, outfitting cost, Machinery cost dan non weight cost.

$$\begin{aligned}\text{Cost} &= \text{PST} + \text{PE\&O} + \text{PME} + \text{PNW} \\ &= \$10.403.439,14 \\ &= \text{Rp. } 131.187.367.518,271\end{aligned}$$

#### 5.12.6. Harga ( Price )

Tabel 5.27 Harga Kapal

Perhitungan Harga ( Price )		
<b>Profit</b>	\$ 520171,9569	
<b>Inflasi</b>	\$ 208068,7827	
<b>Price</b>	\$ 11.131.679,88	Rp 140.370.483.244,55

Harga diperoleh dengan mengoreksi Cost dengan :

1. Tambahan laba ( profit ) sebesar 0% ~ 10% , 5% adalah yang terbaik untuk metode estimasi.
2. Tambahan untuk antisipasi pengaruh inflasi pada biaya selama masa pembangunan sebesar 2%.

Jadi harga kapal : Price = Cost + koreksi.

(Watson, 1998)

Kurs dollar terhadap rupiah = 12.610 (BNI, 20 Januari 2015)

### 5.13. BATASAN

#### 5.13.1. Batasan Displacement

Sesuai dengan hukum Archimedes bahwa benda yang dicelupkan kedalam air akan mendapat gaya tekan ke atas sebesar berat air yang dipindahkan. Jadi, untuk bisa mengapun, maka berat sebuah kapal harus sama dengan besar gaya angkatnya. Sehingga diberikan batasan untuk selisih antara displacement dan berat kapal sebesar 5%.

Tabel 5.28 Batasan Displacement

$\Delta$		12501,29
<b>LWT</b>		2486,37
<b>Payload</b>		10000
<b>Consumable</b>	<b>Fuel Oil</b>	34,31
	<b>Diesel Oil</b>	5,15
	<b>Lubrication Oil</b>	20
	<b>Fresh Water</b>	27,94
	<b>Provision &amp; store</b>	1,01
	<b>Consumable</b>	88,41
<b>Crew</b>		23,38
<b>DWT</b>		10111,78
<b>LWT + DWT</b>		12598,16
<b>Selisih</b>		-96,86
<b>Selisih</b>		0,77%
<b>Kondisi</b>		<b>Accepted</b>

$$\Delta = \text{LWT} + \text{DWT}$$

LWT = Total berat baja [ ton ]

DWT = Payload + Consumable + Crew [ ton ]

Toleransi selisih  $\Delta$  dengan [ LWT + DWT ]  $\leq 5 \%$



### 5.13.2. Batasan Kapasitas Ruang Muat

Tabel 5.29 Batasan Kapasitas Ruang Muat

Volume Ruang Muat	12516,45
Berat Muatan	10000
Volume Muatan	12000
Selisih	516,45
% Selisih	4,30%
Kondisi	Accepted

Selisih antara ruang muat dan volume yang dibutuhkan kurang dari 5 %, sehingga dapat disimpulkan bahwa kapal yang dirancang memenuhi batasan ruang muat.

### 5.13.3. Batasan Untuk Stabilitas

Batasan untuk stabilitas ditentukan berdasarkan kriteria yang tertera pada IMO dengan peraturan khusus untuk kapal dengan muatan curah padat IMSBC (*International Maritime Solid Bulk Cargoes*). Pada tabel berikut dapat dilihat kriteria stabilitas untuk jenis kapal bulk carrier dengan muatan batubara dan juga hasil yang didapatkan dari perhitungan.

Tabel 5.30 Batasan Stabilitas

Kriteria	Harga		Kondisi
$e_{0,30}^0 \geq 0.055$	0,7060	m.rad	Accepted
$e_{0,40}^0 \geq 0.09$	0,8550	m.rad	Accepted
$e_{30,40}^0 \geq 0.03$	0,1490	m.rad	Accepted
$h_{30}^0 \geq 0.2$	4,283	m	Accepted
$GM_0 \geq 0.15$	41,11	m	Accepted
Status	12,53		OK

### 5.13.4. Batasan Untuk Freeboard

Freeboard minimum yaitu freeboard hasil perhitungan menurut International load Lines Convention 1966 & protocol 1988. Kondisi accepted merupakan kondisi dimana actual freeboard > freeboard minimum.

Dari hasil perhitungan didapatkan freeboard sebesar 1,42 m sedangkan actual freeboard sebesar 1,93 m. Karena actual freeboard lebih besar dari freeboard minimum, maka kapal yang dirancang dalam tugas akhir ini memenuhi batasan freeboard.

### 5.13.5. Batasan Trim

Batasan trim berdasarkan harga mutlak selisih harga LCB dan LCG harus kurang dari  $0,1\%L_{pp}$ , bisa diperbaiki dengan menggeser letak tangki-tangki berdasarkan rencana umum awal.

Dari hasil perhitungan didapatkan :

$$\begin{aligned} GM_L &= 143,06 \\ \text{Trim} &= 0,02 \\ \text{Kondisi} &= \text{Trim Buritan} \\ \text{selisih LCG - LCB} &= 0,023 \\ 0,1\%L_{pp} &= 0,100 \end{aligned}$$

Karena selisih antara LCG dan LCB kurang dari  $0,1\% LPP$ , maka kapal yang dirancang memenuhi batasan trim.

### 5.13.6. Batasan ukuran utama

Tabel 5.31 Batasan Ukuran Utama

L/B	3	3,88	4,36	Accepted
B/T	4,14	4,75	5,93	Accepted
B/H	3	3,51	4,55	Accepted
T/H	0,68	0,74	0,8	Accepted
L/H	11,6	13,61	14	Accepted

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa kapal yang dirancang memenuhi kriteria ukuran utama

## 5.14. OPTIMASI

Setelah melakukan perhitungan, kemudian dilakukan optimasi untuk mendapatkan ukuran utama yang optimum, memenuhi parameter dan semua batasan yang ditentukan serta harga yang semimumum mungkin. Dalam Tugas Akhir ini optimasi menggunakan *tool Solver* yang ada di microsoft excel.

### 5.14.1. Model Optimasi

Dalam melakukan optimasi, terlebih dahulu harus dibuat model optimasi dengan menentukan *parameter, variable, constraint* dan *objective function*.

a) Parameter :

- Jumlah muatan

b) *Variable* :



- Panjang ( L )

- Lebar ( B )

- Sarat ( T )

- Tinggi ( H )

c) *Constraint* :

- Hukum Archimedes
- Kapasitas ruang muat
- Trim,
- Stabilitas
- Freeboard
- Rasio ukuran utama.

d) Objective Function :

- Biaya pembangunan kapal yang paling minimum

### 5.14.3. Hasil Optimasi

Tabel 5.32 Hasil Optimasi

Parameter	
Payload =	10000

	Variable		
	Min	Value	Max
Panjang (L)	88,45	100,47	135,71
Lebar (B)	21,00	25,90	32,00
Sarat Air (T)	5,00	5,45	5,90
Tinggi (H)	6,71	7,38	8
Kecepatan dinas ( $V_s$ )	10	10,00	12

Cost = \$10.403.439,14

Constrain					
Batasan	Item	Min	Value	Max	Status
Hukum Archimedes	$\Delta$		12501,29		
	LWT + DWT		12598,16		
	%Selisih		0,77%	5,00%	Accepted
Ruang Muat	Volume Ruang Muat		12516,449		
	Volume Muatan		12000,000		
	% Selisih		4,30%	5,00%	Accepted
Freeboard	Actual Freeboard	1,42	1,93		Accepted

	Bow Height	3,88	4,43		Accepted
<b>Stabilitas</b>	e [ m . rad ]				
	30°	0,055	0,70607638		Accepted
	40°	0,009	0,855202576		Accepted
	30° - 40°	0,003	0,149126196		Accepted
	GZ 30o	0,2	4,283525445		Accepted
	$\theta_{max}$ [ Xo ]	25	31,45877875		Accepted
	GM0 [ feet ]	0,15	41,11427238		Accepted
<b>Trim</b>	Selisih LCG&LCB		0,022534359		Accepted
	0.1%.LPP			0,10047	
<b>Main Dimension Ratio</b>	L/B	3	3,88	4,36	Accepted
	B/T	4,14	4,75	5,93	Accepted
	B/H	3	3,51	4,55	Accepted
	T/H	0,68	0,74	0,8	Accepted
	L/H	11,6	13,61	14	Accepted

#### 5.14.4. Ukuran Utama Optimum

Dari hasil optimasi yang telah didapatkan, diambil ukuran utama dengan nilai yang memenuhi semua batasan dan harga yang paling rendah.

Tabel 5.33 Ukuran Utama Optimum

	Value	Unit
L	100,47	m
B	25,90	m
T	5,45	m
H	7,38	m

#### 5.15. RENCANA GARIS

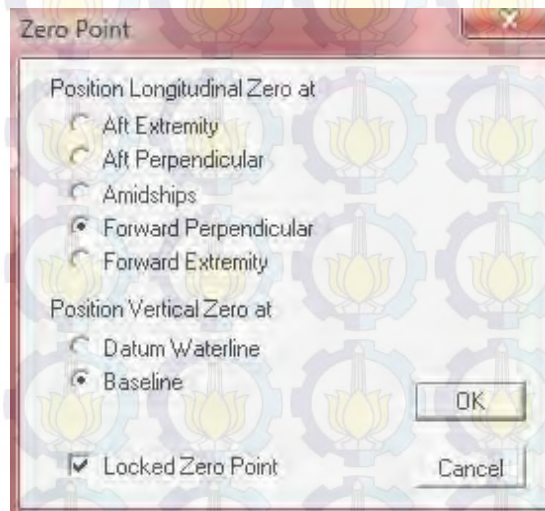
Acuan ukuran untuk pembuatan rencana garis adalah dari hasil optimasi. Rencana garis untuk barge ini dibuat dengan memodelkan desain awalnya dengan membuat surface model box. Kemudian membuat model menjadi desain yang diinginkan dengan tidak mengurangi dasar-dasar gambar barge. Sehingga diperoleh gambaran karakteristik awal model.. Kemudian merubah karakteristik kapal seperti Panjang, Lebar, Sarat, Tinggi, Cb, Lcb sesuai dengan kapal yang akan didesain.

Langkah-langkah pembuatan model dengan software maxsurf

1. Menentukan *Zero Point*



Setelah menentukan *sample design* dan ukuran utama kapal, kemudian yang harus dilakukan adalah menentukan *zero point*, pada tugas akhir ini *zero point* di ambil pada FP.



Gambar 5.1 menu *zero point* (titik acuan) pada maxsurf

## 2. Menentukan LPP

Setelah ukuran utama ditentukan maka langkah selanjutnya adalah menentukan Lpp. Lpp adalah jarak dari AP ke FP. FP adalah garis tegak lupus yang memotong linggi haluan kapal dan sarat dan AP adalah garis tegak lurus pada buritan kapal sebagai sumbu kemudi kapal. Oleh karena itu dalam penentuan Lpp data yang diperlukan adalah tinggi sarat dan jarak Lpp.

## 3. Penentuan Lines Plan Kapal (Transform Dialog)

Pada bagian transform dialog proses pembuatan Lines dengan memasukkan Cb, LCB, Displacement, LWL, B, T. Setelah dimasukan data input tersebut dengan menekan tombol search maka Lines akan langsung terbentuk. Kemudian dilakukan cek displacement dengan cara mencocokkan displacement pada *maxsurf* dan dari hasil perhitungan, apabila belum memenuhi maka kita dapat merubah desain dengan menggerakkan kontrol poin sampai displacement yang diinginkan dapat sesuai.

## 4. Pemeriksaan Displacement

Pada *table hydrostatic* berisi semua data-data model kapal yang telah dibuat mulai dari displacement sampai titik apung kapal, berikut adalah tampilan dari *table hydrostatic* :



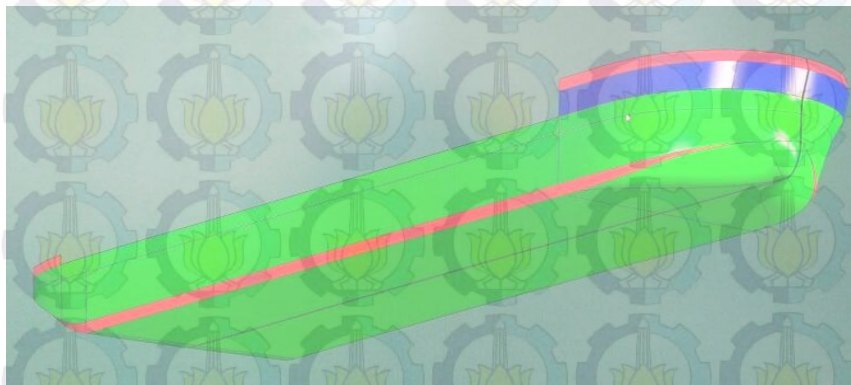
	Measurement	Value	Units
1	Displacement	13422	t
2	Volume (displaced)	13094896789938.8	mm <sup>3</sup>
3	Draft Amidships	5450.0	mm
4	Immersed depth	5450.0	mm
5	WL Length	102980.0	mm
6	Beam max extents on WL	25900.0	mm
7	Wetted Area	3564747436.0	mm <sup>2</sup>
8	Max sect. area	140461227.6	mm <sup>2</sup>
9	Waterpl. Area	2550383791.4	mm <sup>2</sup>
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.905	
11	Block coeff. (Cb)	0.901	
12	Max Sect. area coeff. (Cm)	0.995	
13	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.956	
14	LCB length	-52317.1	wd) mm
15	LCF length	-53238.6	wd) mm
16	LCB %	-50.803	% LWL
17	LCF %	-51.747	% LWL
18	KB	2800.4	mm
19	KG fluid	200.0	mm
20	BMT	10468.8	mm
21	BML	158692.2	mm
22	GMT corrected	13069.2	mm
23	GML	161292.6	mm
24	KML	13269.2	mm
25	KML	161492.6	mm
26	Immersion (TPc)	26.141	onne/cm
27	MTc	199.531	onne.m
28	RM at 1deg = GMT Disp ism(1)	3061466.2	nde.mn

Gambar 5.2 Tabel *hydrostatic*

Tabel hydrostatic ini digunakan untuk koreksi ukuran-ukuran yang telah didapat pada perhitungan dengan model kapal yang di buat pada *software maxsurf*, agar menghasilkan rencana garis yang sesuai perhitungan.

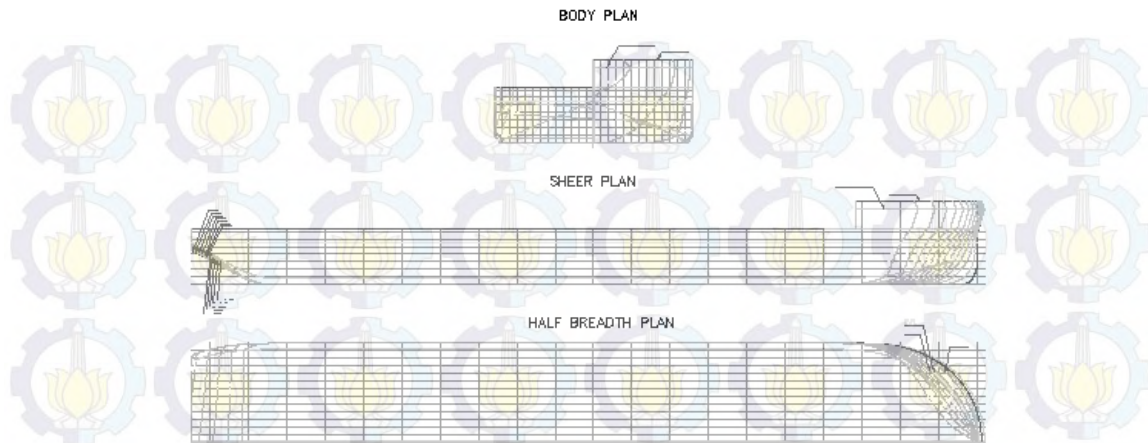
### 5. Finishing Rencana Garis

Setelah model sesuai dengan hasil peritungan serta telah di lakukan pembagian station, waterline dan buttock line maka selanjutnya dilakukan export ke Autocad untuk *finishing* Rencana Garis.



Gambar 5.3 Tampilan Model Pada Maxsurf





Gambar 5.4 Tampilan Rencana Garis Pada AutoCad

Hasil gambar Rencana garis dapat dilihat secara lengkap pada lampiran.

### 5.16 RENCANA UMUM

Rencana Umum / General Arrangement pada Tugas Akhir ini dibuat dengan menggunakan software Autocad. Pembuatan Rencana Umum dibuat berdasarkan Rencana Garis yang telah dibuat sebelumnya. Dari Rencana Garis tersebut di ambil layout waterline plan pada geladak utama, *bottom*, *forecastle* dan semua yang dibutuhkan. Untuk tampak samping diambil layout dari *sheerplan* pada *center line*. Dan pada tampak depan di ambil layout dari body plan pada daerah paralel *middle body*. Kemudian struktur bangunan atas dibuat dengan menggunakan data dari perhitungan. Rencana Umum diartikan sebagai perencanaan ruangan yang ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapannya. Ruangan-ruangan tersebut misalnya : Ruang muat, ruang akomodasi, ruang mesin, dll. Disamping itu, juga meliputi perencanaan penempatan lokasi ruangan beserta aksesnya. Menurut "Ship Design and Construction", karakteristik rencana umum dibagi menjadi 4 bagian antara lain :

- a. Penentuan lokasi ruang utama
- b. Penentuan batas-batas ruangan
- c. Penentuan dan pemilihan perlengkapan yang tepat
- d. Penentuan akses (jalan atau lintasan) yang cukup

Langkah pertama dalam menyelesaikan permasalahan rencana umum adalah menempatkan ruangan-ruangan utama beserta batas-batasnya terhadap lambung kapal dan bangunan atas. Adapun ruangan utama dimaksud adalah :



### a. Ruang Muat

Ruang Muat direncanakan berjumlah 4 ruang. Adapun peletakkannya adalah sebagai berikut :

Tabel 5.33 Dimensi Tangki Ruang Muat

No.Ruang	frame
1	30 s/d 60
2	60 s/d 91
3	91 s/d 122
4	122 s/d 152

### b. Kamar mesin

Penentuan Panjang kamar mesin harus memperhatikan beberapa hal misalnya ukuran mesin utama dan perlengkapan. Ruang mesin yang dirancang harus bisa memenuhi kriteria diatas. Selain itu perlu diperhatikan juga bahwa jangan sampai merancang kamar mesin yang berlebihan, sehingga akan berakibat berkurangnya ruang muat. Kamar mesin direncanakan diletakkan antara frame 15 sampai dengan frame 30

### c. Ruang untuk crew dan penumpang

Untuk kenyamanan dan kecondusifan lingkungan kerja ABK di atas kapal, maka ILO memberikan ketentuan - ketentuan yang tertuang dalam "*International Labour Conference (ILO) Convention No. 133 - Convention Concerning Crew Accommodation on Board Ship (Supplementary Provisions)*". Adapun ketentuan - ketentuan tersebut antara lain adalah sebagai berikut :

- Tidak boleh ada hubungan langsung di dalam ruang tidur dan ruang untuk muatan, ruang mesin, dapur, ruang cuci untuk umum, WC, lamp room, paint room, dan drying room (ruang pengering).
- Ruang tidur harus diletakkan di atas garis air muat di tengah atau di belakang kapal. Bila keadaan tak memungkinkan, ruangan tidur boleh di letakkan di bagian depan kapal, tetapi tidak di depan sekat Tubrukan.
- Luas lantai untuk ruang tidur per-orang untuk crew selain officer tidak boleh kurang dari 4.75 m<sup>2</sup> untuk kapal dengan muatan lebih dari 10.000 ton



- Tinggi ruangan, dalam keadaan bebas minimum 2200 mm.

d. Tangki-tangki (bahan bakar, ballast, air tawar, dll)

- Tangki Bahan Bakar (FO Tank)  
Dimensi tangki fuel oil adalah sebagai berikut:

Tabel 5.34 Dimensi FO Tank

Dimensi tangki	$t_{FO} = h_{db}$	1,52
	$l_{FO}$	16,84
	$p_{FO}$	1,47

- Tangki Lubrication Oil (LO Tank)  
Dimensi tangki minyak pelumas adalah sebagai berikut

Tabel 5.35 Dimensi tangki minyak pelumas

Dimensi tangki	$t_{LO} = h_{db}$	1,52
	$l_{LO}$	12,95
	$p_{LO}$	1,18

- Tangki Air Tawar (FW Tank)  
Tangki Air Tawar terletak di belakang sekat buritan

Tabel 5.36 Dimensi tangki air tawar

Dimensi tangki	$t_{FW}$	1,93
	$l_{FW}$	16,84
	$p_{FW}$	0,89

e. Sekat kedap masing-masing ruangan

Dalam perencanaannya, sekat-sekat kedap yang akan digunakan antara lain :

- 1 sekat tubrukan

Berdasarkan BKI vol. II tahun 2006 bab 11.2.1.1, dan 2.1.1 letak sekat tubrukan untuk kapal dengan  $L < 200$  m minimum 0,05 L dan maksimum 0,08 diukur dari FP

Jarak sekat tubrukan :

Minimum :  $0.05 L = 0,05 \times 100,47 = 5,0235 \text{ m}$

Maksimum:  $0.08 L = 0,08 \times 100,47 = 8,0376 \text{ m}$

Direncanakan letak sekat tubrukan 5,4 m dari FP

- 3 sekat ruang muat
- 1 sekat depan kamar mesin

Dalam BKI '2006 disebutkan bahwa letak kamar mesin minimal terhadap ceruk buritan adalah  $0,2 L \sim 0,22 L$  – jarak sekat tubrukan terhadap FP.

Jarak sekat depan kamar mesin :

Minimum :  $0.20 L = 0,20 \times 100,47 - 6,18 = 16,15 \text{ m}$

Maksimum:  $0.22 L = 0,22 \times 100,47 - 6,18 = 18,38 \text{ m}$

Panjang kamar mesin disesuaikan dengan kebutuhan permesinan. Direncanakan panjang kamar mesin = 16,2 m atau 27 jarak gading. Sekat depan kamar mesin terletak pada gading no. 37.

- 1 sekat ceruk buritan

Berdasarkan BKI vol. II tahun 1989 bab 11.A.2.2, Sekat ceruk buritan diletakan sekurang-kurangnya 3 jarak gading dari ujung depan boss propeller.

Direncanakan sekat ceruk buritan diletakan pada gading no.10 dari AP bila AP disebut sebagai gading no. 0.

Jarak sekat ceruk buritan =  $10 \times 600 \text{ mm} = 6000 \text{ mm}$  dari AP

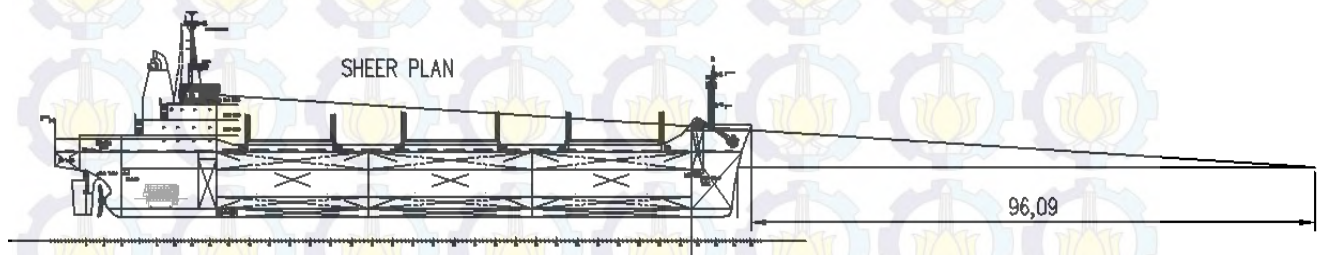
#### f. Ruangan navigasi

Berdasarkan DRAFT INTERNATIONAL STANDARD ISO/DIS 8468, tentang Ship's Bridge Layout and Associated Equipment-Requirement and Guidelines maka Wheel House Deck Deck bagi ruangan untuk navigasi, kemudi, planning and documentation, safety and communication dan docking. Untuk Wheel House Deck Deck Deck terdapat persyaratan - persyaratan yang telah ditentukan, dan pada kapal ini telah memenuhi persyaratan - persyaratan tersebut. Adapun persyaratan - persyaratannya sebagai berikut :

- Pandangan dari ruang kemudi ke arah samping, depan dan belakang tidak boleh terganggu



- Pandangan ke arah depan/haluan harus memotong garis air, harus lebih kecil dari 2 kali panjang kapal (Lpp) atau  $2 \times 100,47 = 200,94$  meter. Pada kapal ini, pandangan ke arah depan memotong garis air sepanjang 191,361m, sehingga jarak pandang ke arah depan memenuhi. Ruangan untuk Wheel House Deck dibuat secukupnya, di sisi kiri dan kanan selalu ada Flying Bridge sampai sisi kapal yaitu untuk mempermudah deck crew dan pilot merapatkan kapal dan pada saat masuk dock.



Gambar 5.5 Jarak Pandang Kapal

Yang termasuk di dalam ruangan navigasi adalah :

1. Workstation for Navigation and Manouvering

Peralatan yang ada harus bisa meliputi hal - hal dalam mendukung kegiatan - kegiatan berikut :

- Memonitor kondisi kapal secara terus-menerus.
- Memonitor keakuratan sistem peta elektronik seperti ECDIS ( Electronic Chart Display and Information System ).
- Memonitor manuver kapal dan mengontrol kecepatannya.
- Memonitor keadaan lintasan secara terus-menerus.
- Menampilkan informasi AIS ( Automatic Identification System ).
- Mengoperasikan komunikasi.
- Memonitor semua sistem alarm.

2. Workstation for Manual Steering

Peralatan yang ada harus bisa melakukan kegiatan - kegiatan sebagai berikut :

- Mengemudikan kapal secara manual.
- Mengontrol windscreen wiper secara langsung maupun tidak langsung.
- Berkomunikasi dengan workstation for docking, navigation dan memback-up navigasi.

### 3. Workstation for Docking

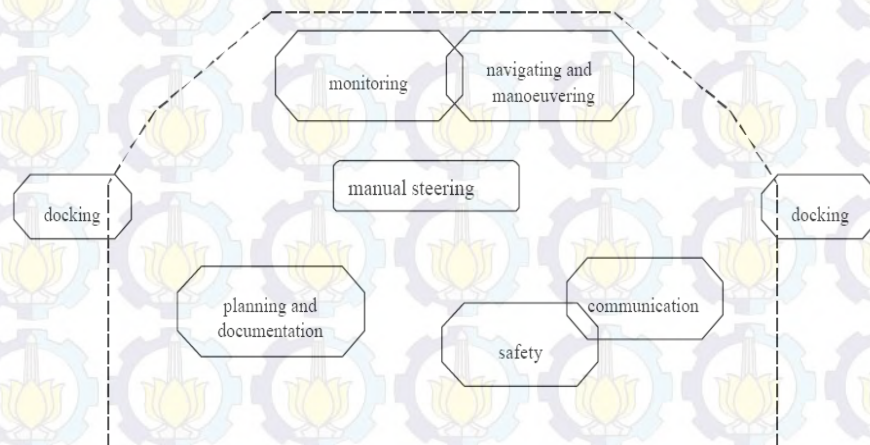
Peralatan yang ada harus bisa melakukan kegiatan - kegiatan sebagai berikut :

- Memonitor komunikasi dengan dermaga, mooring dan anchorage.
- Memanuver kapal dengan tepat, memonitor kecepatan dan pengontrolan langsung.
- Dapat membuat signal suara baik secara langsung maupun tidak langsung.
- Memonitor tali mooring.
- Berkomunikasi dengan kapal tunda dan pilot kapal ( VHF ).
- Menjalankan sistem komunikasi 2 arah yaitu antara mooring station on board dan ruang mesin.
- Mengontrol lampu Morse dan Searchlight.

### 4. Workstation for Voyage Planning

Peralatan yang ada harus bisa melakukan kegiatan-kegiatan sebagai berikut :

- Merencanakan rute pelayaran (peta)
- Mengirim rencana rute pelayaran kepada workstation for Navigation and Manouvering



Gambar 5.6 Layout ruang navigasi menurut DRAFT INTERNATIONAL STANDARD ISO/DIS 8468

### 5. Workstation for Safety

Peralatan yang ada harus bisa melakukan kegiatan-kegiatan sebagai berikut :

- Memonitor sistem keamanan pada kapal (fire, ESEP dll)
- Menangani semua sistem alarm

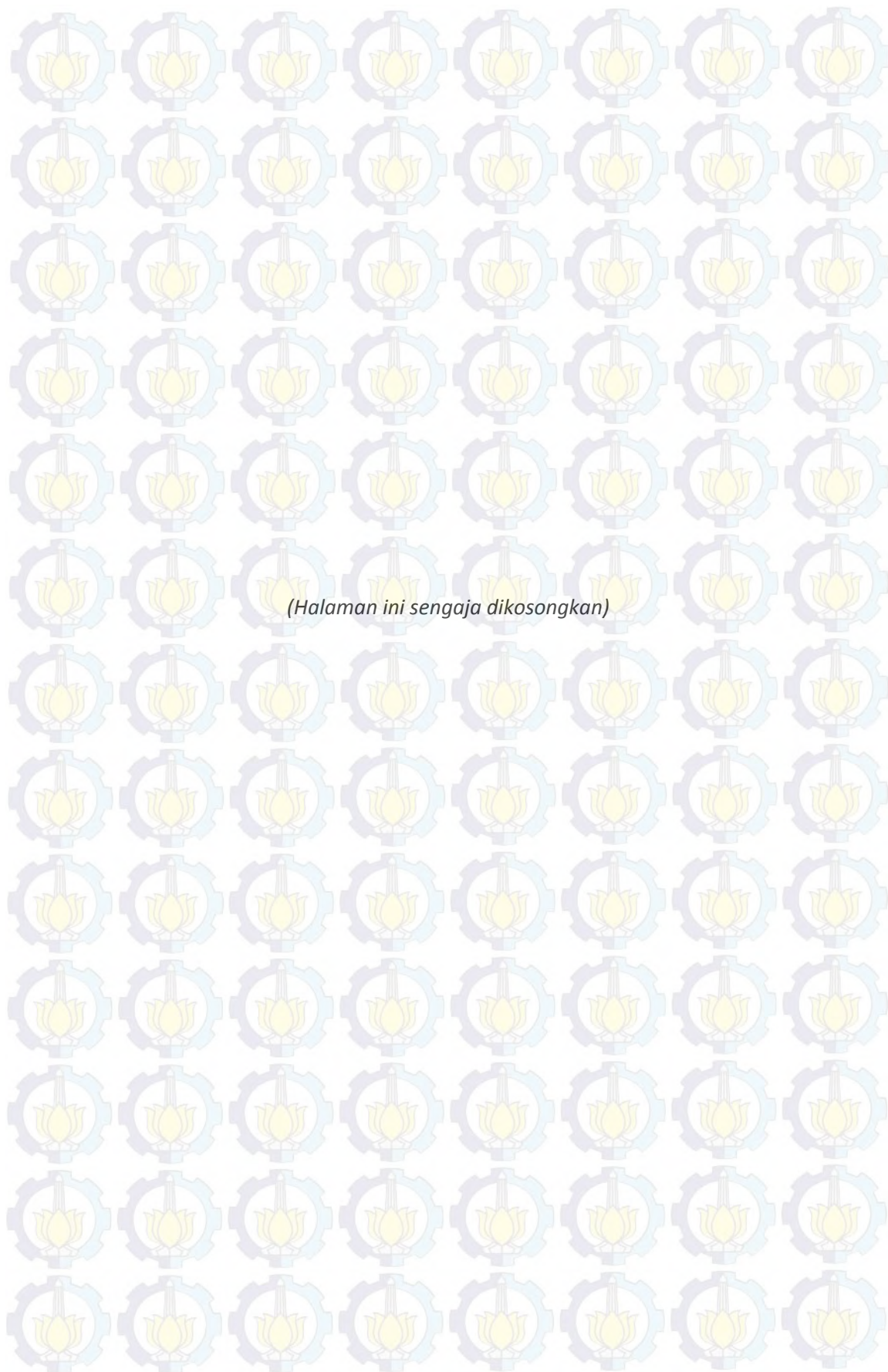


- Mengatur sistem operasi dalam keadaan darurat
- Memeriksa sistem perencanaan keamanan kapal
- Menjalankan komunikasi internal didalam kapal
- Mengontrol dan memonitor lampu-lampu navigasi

6. Workstation for communication

Peralatan yang ada harus bisa melakukan kegiatan-kegiatan sebagai berikut :

- Mengoperasikan peralatan GMDSS
- Weather facsimile





## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 KESIMPULAN

- a) Setelah dilakukan Optimasi didapatkan ukuran utama yang optimum sebagai berikut :

Panjang (L) : 100,47 m

Lebar (B) : 25,90 m

Sarat air (T) : 5,45 m

Tinggi (H) : 7,38 m

Kecepatan dinas (Vs) : 10 Knot

Dengan biaya pembangunan SPCB minimum yang dapat dicapai adalah \$10.403.439,14

- b) Rencana Garis dan Rencana Umum terlampir pada Subbab Rencana Garis dan Rencana Umum Bab V.

#### 6.2 SARAN

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian lebih lanjut mengenai tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a) Dalam tugas akhir ini perancangan kapal yang dilakukan hanya sampai *Concept design* saja. disarankan agar peneliti selanjutnya dapat melanjutkan hingga ke tahap berikutnya.
- b) Mengingat masih banyaknya perhitungan yang dilakukan dengan *formula estimasi*/pendekatan, maka diharap untuk penelitian selanjutnya dilakukan dengan perhitungan yang lebih akurat dan mendekati keadaan yang sebenarnya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Biro Klasifikasi Indonesia. (2006). Volume II, Rules For The Classification and Construction of Seagoing Steel Ship. Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia.
- bphmigas.go.id., (2014). Komoditas BBM. Retrieved July 1, 2014, from <http://www.bphmigas.go.id.>,
- Dharma, B. (2009). Tugas Akhir : Perencanaan Self Popelled Coal Barge 5000 DWT Untuk Wilayah Sungai Kalimantan. Surabaya: ITS.
- Evans, J.L. (1959). Basic Design Concepts. Naval Engineer Journal.
- H Schneekluth, V. B. (1998). *Ship Design Efficiency and Economy, Second Edition*. Oxford: Butterworth Heinemann.
- Lewis, E. V. ( 1980). Principles of Naval Architecture Second Revision. Dalam Resistance, Propulsion and Vibration. Jersey City: The Society of Naval Architects & Marine Engineers
- Manning, G. C. (1956). The Theory and Technique of Ship Design. London: Chapman & Hall.
- Panunggal, P. E. (2006). Diktat Tugas Merancang Kapal 1. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Parson, M. G. (2001). Parametric Design. University of Michigan: Departement of Naval Architecture and Marine Engineering.
- Poehl, H. (1982). Lecture on Ship Design and Ship Theory. Hancouver: University of Hancouver.
- Rawson K.J, T. E. (2001). *Basic Ship Theory, Volume I*. Oxford: Longman.
- Setijoprajudo. (1999). Diktat Metode Optimisasi. Surabaya: ITS Surabaya.
- Stopford, M. (1997). Maritime Economics (2nd ed.). London: Routledge.
- Paser, P.K. (2013). Paser Dalam Angka. Sumenep
- Taggart, Robert. (1980). *Ship Design and Construction, Chapter 5, Section 3*. SNAME.
- Watson, D. (1998). Practical Ship Design (Vol. 1). Oxford, UK: Elsevier.



Parameter  
Payload = 10000

Variable			
	Min	Value	Max
Panjang (L)	88,45	95,05	135,71
Lebar (B)	21,00	25,64	32,00
Sarat Air (T)	5,00	5,55	5,90
Tinggi (H)	6,71	7,32	8
Kecepatan dinas ( $V_s$ )	10	10,00	12

Cost = \$9.533.541,99

Constrain					
Batasan	Item	Min	Value	Max	Status
Hukum Archimedes	$\Delta$		11924,77		
	LWT + DWT		12423,37		
	%Selisih		4,01%	5,00%	Accepted
Ruang Muat	Volume Ruang Muat		11607,682		
	Volume Muatan		12000,000		
	% Selisih		3,27%	5,00%	Accepted
Freeboard	Actual Freeboard	1,37	1,77		Accepted
	Bow Height	3,73	3,27		Rejected
Stabilitas	e [ m . rad ]				
	30°	0,055	0,696841775		Accepted
	40°	0,009	0,856590256		Accepted
	30° - 40°	0,003	0,159748481		Accepted
	GZ 30o	0,2	4,256819322		Accepted
	$\theta_{max}$ [ Xo ]	25	32,12921322		Accepted
	GM0 [ feet ]	0,15	39,80846312		Accepted
Trim	Selisih LCG&LCB		0,659628217		Rejected
	0.1%.LPP			0,095055	
Main Dimension Ratio	L/B	3	3,71	4,36	Accepted
	B/T	4,14	4,62	5,93	Accepted
	B/H	3	3,50	4,55	Accepted
	T/H	0,68	0,76	0,8	Accepted
	L/H	11,6	12,99	14	Accepted

Parameter

Payload = 10000

Variable			
	Min	Value	Max
Panjang (L)	88,45	97,00	135,71
Lebar (B)	21,00	30,66	32,00
Sarat Air (T)	5,00	5,17	5,90
Tinggi (H)	6,71	7,26	8
Kecepatan dinas (Vs)	10	10,00	12

Cost = **\$12.715.533,86**

#### Constrain

Batasan	Item	Min	Value	Max	Status
Hukum Archimedes	$\Delta$		13554,16		
	LWT + DWT		12908,72		
	%Selisih		5,00%	5,00%	Accepted
Ruang Muat	Volume Ruang Muat		12600,001		
	Volume Muatan		12000,000		
	% Selisih		5,00%	5,00%	Accepted
Freeboard	Actual Freeboard	1,36	2,09		Accepted
	Bow Height	3,77	4,59		Accepted
Stabilitas	e [ m . rad ]				
	30°	0,055	0,849400658		Accepted
	40°	0,009	0,912949454		Accepted
	30° - 40°	0,003	0,063548797		Accepted
	GZ 30o	0,2	4,877589912		Accepted
	$\theta_{max}$ [ Xo ]	25	26,81271691		Accepted
	GM0 [ feet ]	0,15	56,87066649		Accepted
Trim	Selisih LCG&LCB		0,070088		Accepted
	0.1%.LPP			0,096997	
Main Dimension Ratio	L/B	3	3,16	4,36	Accepted
	B/T	4,14	5,93	5,93	Accepted
	B/H	3	4,22	4,55	Accepted
	T/H	0,68	0,71	0,8	Accepted
	L/H	11,6	13,36	14	Accepted



Parameter	
Payload =	10000

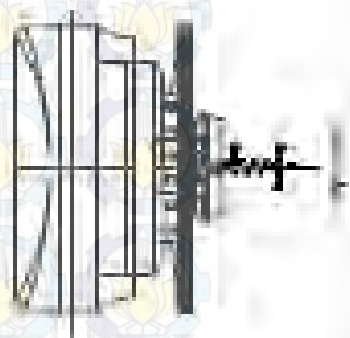
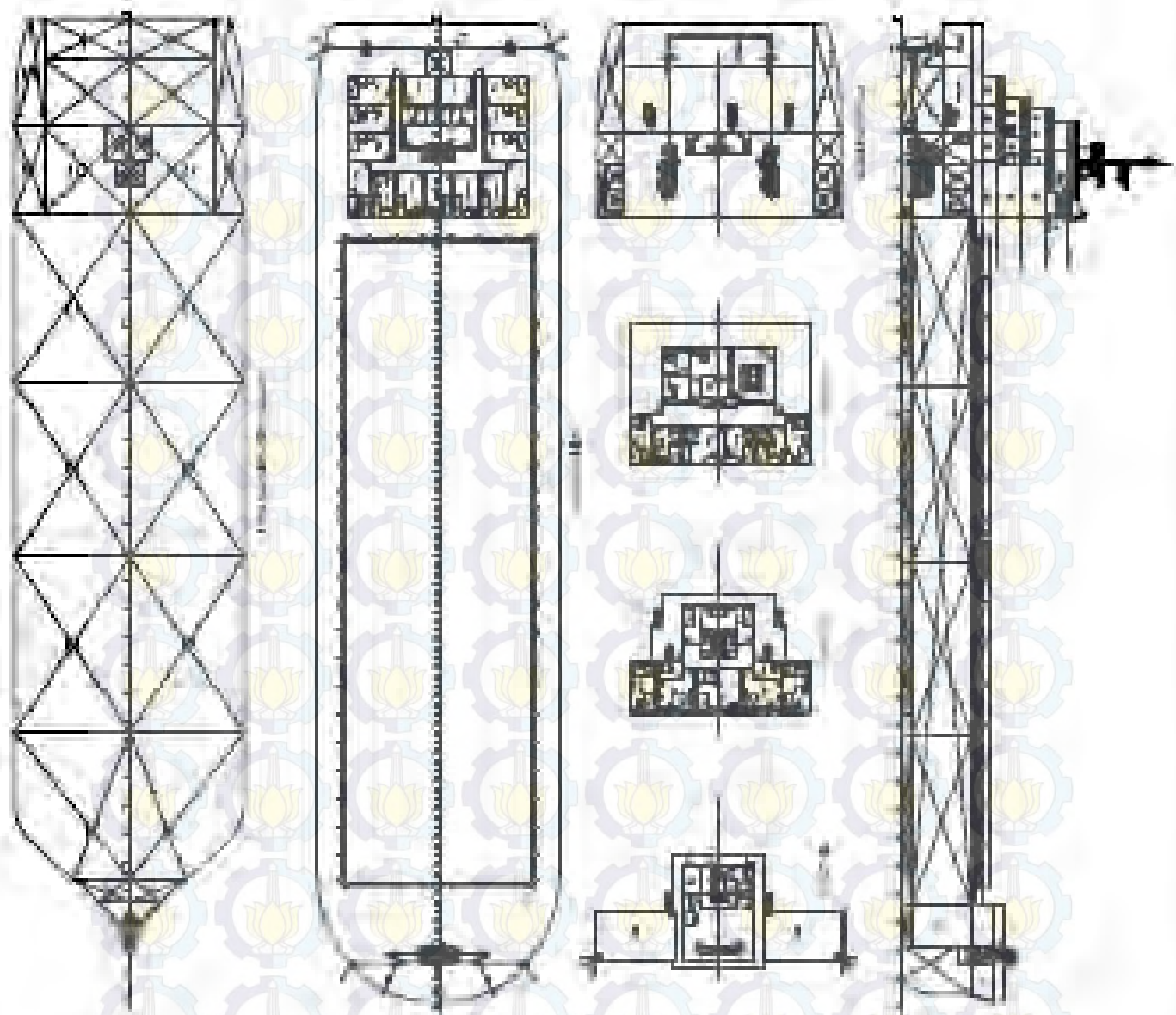
	Variable		
	Min	Value	Max
Panjang (L)	88,45	100,47	135,71
Lebar (B)	21,00	25,90	32,00
Sarat Air (T)	5,00	5,45	5,90
Tinggi (H)	6,71	7,38	8
Kecepatan dinas ( $V_s$ )	10	10,00	12

Cost = **\$10.403.439,14**

Constrain					
Batasan	Item	Min	Value	Max	Status
Hukum Archimedes	$\Delta$		12501,29		
	LWT + DWT		12598,16		
	%Selisih		0,77%	5,00%	Accepted
Ruang Muat	Volume Ruang Muat		12516,449		
	Volume Muatan		12000,000		
	% Selisih		4,30%	5,00%	Accepted
Freeboard	Actual Freeboard	1,42	1,93		Accepted
	Bow Height	3,88	4,43		Accepted
Stabilitas	e [ m . rad ]				
	30°	0,055	0,70607638		Accepted
	40°	0,009	0,855202576		Accepted
	30° - 40°	0,003	0,149126196		Accepted
	GZ 30o	0,2	4,283525445		Accepted
	$\theta_{max}$ [ Xo ]	25	31,45877875		Accepted
	GM0 [ feet ]	0,15	41,11427238		Accepted
Trim	Selisih LCG&LCB		0,022534359		Accepted
	0.1%.LPP			0,10047	
Main Dimension Ratio	L/B	3	3,88	4,36	Accepted
	B/T	4,14	4,75	5,93	Accepted
	B/H	3	3,51	4,55	Accepted
	T/H	0,68	0,74	0,8	Accepted
	L/H	11,6	13,61	14	Accepted







1. 1/2" = 1' 0"  
 2. 1/4" = 1' 0"  
 3. 1/8" = 1' 0"  
 4. 1/16" = 1' 0"  
 5. 1/32" = 1' 0"  
 6. 1/64" = 1' 0"  
 7. 1/128" = 1' 0"  
 8. 1/256" = 1' 0"  
 9. 1/512" = 1' 0"  
 10. 1/1024" = 1' 0"  
 11. 1/2048" = 1' 0"  
 12. 1/4096" = 1' 0"  
 13. 1/8192" = 1' 0"  
 14. 1/16384" = 1' 0"  
 15. 1/32768" = 1' 0"  
 16. 1/65536" = 1' 0"  
 17. 1/131072" = 1' 0"  
 18. 1/262144" = 1' 0"  
 19. 1/524288" = 1' 0"  
 20. 1/1048576" = 1' 0"  
 21. 1/2097152" = 1' 0"  
 22. 1/4194304" = 1' 0"  
 23. 1/8388608" = 1' 0"  
 24. 1/16777216" = 1' 0"  
 25. 1/33554432" = 1' 0"  
 26. 1/67108864" = 1' 0"  
 27. 1/134217728" = 1' 0"  
 28. 1/268435456" = 1' 0"  
 29. 1/536870912" = 1' 0"  
 30. 1/1073741824" = 1' 0"  
 31. 1/2147483648" = 1' 0"  
 32. 1/4294967296" = 1' 0"  
 33. 1/8589934592" = 1' 0"  
 34. 1/17179869184" = 1' 0"  
 35. 1/34359738368" = 1' 0"  
 36. 1/68719476736" = 1' 0"  
 37. 1/137438953472" = 1' 0"  
 38. 1/274877906944" = 1' 0"  
 39. 1/549755813888" = 1' 0"  
 40. 1/1099511627776" = 1' 0"  
 41. 1/2199023255552" = 1' 0"  
 42. 1/4398046511104" = 1' 0"  
 43. 1/8796093022208" = 1' 0"  
 44. 1/17592186044416" = 1' 0"  
 45. 1/35184372088832" = 1' 0"  
 46. 1/70368744177664" = 1' 0"  
 47. 1/140737488355328" = 1' 0"  
 48. 1/281474976710656" = 1' 0"  
 49. 1/562949953421312" = 1' 0"  
 50. 1/1125899906842624" = 1' 0"  
 51. 1/2251799813685248" = 1' 0"  
 52. 1/4503599627370496" = 1' 0"  
 53. 1/9007199254740992" = 1' 0"  
 54. 1/18014398509481984" = 1' 0"  
 55. 1/36028797018963968" = 1' 0"  
 56. 1/72057594037927936" = 1' 0"  
 57. 1/144115188075855872" = 1' 0"  
 58. 1/288230376151711744" = 1' 0"  
 59. 1/576460752303423488" = 1' 0"  
 60. 1/1152921504606846976" = 1' 0"  
 61. 1/2305843009213693952" = 1' 0"  
 62. 1/4611686018427387904" = 1' 0"  
 63. 1/9223372036854775808" = 1' 0"  
 64. 1/18446744073709551616" = 1' 0"  
 65. 1/36893488147419103232" = 1' 0"  
 66. 1/73786976294838206464" = 1' 0"  
 67. 1/147573952589676412928" = 1' 0"  
 68. 1/295147905179352825856" = 1' 0"  
 69. 1/590295810358705651712" = 1' 0"  
 70. 1/1180591620717411303424" = 1' 0"  
 71. 1/2361183241434822606848" = 1' 0"  
 72. 1/4722366482869645213696" = 1' 0"  
 73. 1/9444732965739290427392" = 1' 0"  
 74. 1/18889465931478580854784" = 1' 0"  
 75. 1/37778931862957161709568" = 1' 0"  
 76. 1/75557863725914323419136" = 1' 0"  
 77. 1/151115727451828646838272" = 1' 0"  
 78. 1/302231454903657293676544" = 1' 0"  
 79. 1/604462909807314587353088" = 1' 0"  
 80. 1/1208925819614629174706176" = 1' 0"  
 81. 1/2417851639229258349412352" = 1' 0"  
 82. 1/4835703278458516698824704" = 1' 0"  
 83. 1/9671406556917033397649408" = 1' 0"  
 84. 1/19342813113834066795298816" = 1' 0"  
 85. 1/38685626227668133590597632" = 1' 0"  
 86. 1/77371252455336267181195264" = 1' 0"  
 87. 1/154742504910672534362390528" = 1' 0"  
 88. 1/309485009821345068724781056" = 1' 0"  
 89. 1/618970019642690137449562112" = 1' 0"  
 90. 1/1237940039285380274899124224" = 1' 0"  
 91. 1/2475880078570760549798248448" = 1' 0"  
 92. 1/4951760157141521099596496896" = 1' 0"  
 93. 1/9903520314283042199192993792" = 1' 0"  
 94. 1/19807040628566084398385987584" = 1' 0"  
 95. 1/39614081257132168796771975168" = 1' 0"  
 96. 1/79228162514264337593543950336" = 1' 0"  
 97. 1/158456325028528675187087900672" = 1' 0"  
 98. 1/316912650057057350374175801344" = 1' 0"  
 99. 1/633825300114114700748351602688" = 1' 0"  
 100. 1/1267650600228229401496703205376" = 1' 0"  
 101. 1/2535301200456458802993406410752" = 1' 0"  
 102. 1/5070602400912917605986812821504" = 1' 0"  
 103. 1/10141204801825835211973625643008" = 1' 0"  
 104. 1/20282409603651670423947251286016" = 1' 0"  
 105. 1/40564819207303340847894502572032" = 1' 0"  
 106. 1/81129638414606681695789005144064" = 1' 0"  
 107. 1/162259276829213363391578010288128" = 1' 0"  
 108. 1/324518553658426726783156020576256" = 1' 0"  
 109. 1/649037107316853453566312041152512" = 1' 0"  
 110. 1/1298074214633706907132624082305024" = 1' 0"  
 111. 1/2596148429267413814265248164610048" = 1' 0"  
 112. 1/5192296858534827628530496329220096" = 1' 0"  
 113. 1/10384593717069655257060992658440192" = 1' 0"  
 114. 1/20769187434139310514121985316880384" = 1' 0"  
 115. 1/41538374868278621028243970633760768" = 1' 0"  
 116. 1/83076749736557242056487941267521536" = 1' 0"  
 117. 1/166153499473114484112975882535043072" = 1' 0"  
 118. 1/332306998946228968225951765070086144" = 1' 0"  
 119. 1/664613997892457936451903530140172288" = 1' 0"  
 120. 1/1329227995784915872903807060280344576" = 1' 0"  
 121. 1/2658455991569831745807614120560689152" = 1' 0"  
 122. 1/5316911983139663491615228241121378304" = 1' 0"  
 123. 1/10633823966279326983230456482242756608" = 1' 0"  
 124. 1/21267647932558653966460912964485513216" = 1' 0"  
 125. 1/42535295865117307932921825928971026432" = 1' 0"  
 126. 1/85070591730234615865843651857942052864" = 1' 0"  
 127. 1/170141183460469231731687303715884105728" = 1' 0"  
 128. 1/340282366920938463463374607431768211456" = 1' 0"  
 129. 1/680564733841876926926749214863536422912" = 1' 0"  
 130. 1/1361129467683753853853498429727072845824" = 1' 0"  
 131. 1/2722258935367507707706996859454145691648" = 1' 0"  
 132. 1/5444517870735015415413993718908291383296" = 1' 0"  
 133. 1/10889035741470030830827987437816582766592" = 1' 0"  
 134. 1/21778071482940061661655974875633165533184" = 1' 0"  
 135. 1/43556142965880123323311949751266331066368" = 1' 0"  
 136. 1/87112285931760246646623899502532662132736" = 1' 0"  
 137. 1/174224571863520493293247799005065324265472" = 1' 0"  
 138. 1/348449143727040986586495598010130648530944" = 1' 0"  
 139. 1/696898287454081973172991196020261297061888" = 1' 0"  
 140. 1/1393796574908163946345982392040522594123776" = 1' 0"  
 141. 1/2787593149816327892691964784081045188247552" = 1' 0"  
 142. 1/5575186299632655785383929568162090376495104" = 1' 0"  
 143. 1/11150372599265311570767859136324180752990208" = 1' 0"  
 144. 1/22300745198530623141535718272648361505980416" = 1' 0"  
 145. 1/44601490397061246283071436545296723011960832" = 1' 0"  
 146. 1/89202980794122492566142873090593446023921664" = 1' 0"  
 147. 1/178405961588244985132285746181186892047843328" = 1' 0"  
 148. 1/356811923176489970264571492362373784095686656" = 1' 0"  
 149. 1/713623846352979940529142984724747568191373312" = 1' 0"  
 150. 1/1427247692705959881058285969449495136382746624" = 1' 0"  
 151. 1/2854495385411919762116571938898990272765493248" = 1' 0"  
 152. 1/5708990770823839524233143877797980545530986496" = 1' 0"  
 153. 1/11417981541647679048466287755595961091061972992" = 1' 0"  
 154. 1/22835963083295358096932575511191922182123945984" = 1' 0"  
 155. 1/45671926166590716193865151022383844364247891968" = 1' 0"  
 156. 1/91343852333181432387730302044767688728495783936" = 1' 0"  
 157. 1/182687704666362864775460604089535377456991567872" = 1' 0"  
 158. 1/365375409332725729550921208179070754913983135744" = 1' 0"  
 159. 1/730750818665451459101842416358141509827966271488" = 1' 0"  
 160. 1/1461501637330902918203684832716283019655932542976" = 1' 0"  
 161. 1/2923003274661805836407369665432566039311865085952" = 1' 0"  
 162. 1/5846006549323611672814739330865132078623730171904" = 1' 0"  
 163. 1/11692013098647223345629478661730264157247460343808" = 1' 0"  
 164. 1/23384026197294446691258957323460528314494920687616" = 1' 0"  
 165. 1/46768052394588893382517914646921056628989841375232" = 1' 0"  
 166. 1/93536104789177786765035829293842113257979682750464" = 1' 0"  
 167. 1/187072209578355573530071658587684226515959365500928" = 1' 0"  
 168. 1/374144419156711147060143317175368453031918731001856" = 1' 0"  
 169. 1/748288838313422294120286634350736906063837462003712" = 1' 0"  
 170. 1/1496577676626844588240573268701473812127674924007424" = 1' 0"  
 171. 1/2993155353253689176481146537402947624255349848014848" = 1' 0"  
 172. 1/5986310706507378352962293074805895248510699696029696" = 1' 0"  
 173. 1/11972621413014756705924586149611790497021399392059392" = 1' 0"  
 174. 1/23945242826029513411849172299223580994042798784118784" = 1' 0"  
 175. 1/47890485652059026823698344598447161988085597568237568" = 1' 0"  
 176. 1/95780971304118053647396689196894323976171195136475136" = 1' 0"  
 177. 1/191561942608236107294793378393788647952342390272950272" = 1' 0"  
 178. 1/383123885216472214589586756787577295904684780545900544" = 1' 0"  
 179. 1/766247770432944429179173513575154591809369561091801088" = 1' 0"  
 180. 1/1532495540865888858358347027150309183618739122183602176" = 1' 0"  
 181. 1/3064991081731777716716694054300618367237478244367204352" = 1' 0"  
 182. 1/6129982163463555433433388108601236734474956488734408704" = 1' 0"  
 183. 1/12259964326927110866866776217202473468949912977468817408" = 1' 0"  
 184. 1/24519928653854221733733552434404946937899825954937634816" = 1' 0"  
 185. 1/49039857307708443467467104868809893875799651909875269632" = 1' 0"  
 186. 1/98079714615416886934934209737619787751599303819750539264" = 1' 0"  
 187. 1/196159429230833773869868419475239575503198607639501078528" = 1' 0"  
 188. 1/392318858461667547739736838950479151006397215279002157056" = 1' 0"  
 189. 1/784637716923335095479473677900958302012794430558004314112" = 1' 0"  
 190. 1/1569275433846670190958947355801916604025588861116008628224" = 1' 0"  
 191. 1/3138550867693340381917894711603833208051177722232017256448" = 1' 0"  
 192. 1/6277101735386680763835789423207666416102355444464034512896" = 1' 0"  
 193. 1/12554203470773361527671578846415332832204710888928069025792" = 1' 0"  
 194. 1/25108406941546723055343157692830665664409421777856138051584" = 1' 0"  
 195. 1/50216813883093446110686315385661331328818843555712276103168" = 1' 0"  
 196. 1/100433627766186892221372630771322662657637687111424552206336" = 1' 0"  
 197. 1/200867255532373784442745261542645325315275374222849104412672" = 1' 0"  
 198. 1/401734511064747568885490523085290650630550748445698208825344" = 1' 0"  
 199. 1/803469022129495137770981046170581301261101496891396417650688" = 1' 0"  
 200. 1/1606938044258990275541962092341162602522202993782792835301376" = 1' 0"  
 201. 1/3213876088517980551083924184682325205044405987565585670602752" = 1' 0"  
 202. 1/6427752177035961102167848369364650410088811975131171341205504" = 1' 0"  
 203. 1/12855504354071922204335696738729300820177623950262342682411008" = 1' 0"  
 204. 1/25711008708143844408671393477458601640355247900524685364822016" = 1' 0"  
 205. 1/51422017416287688817342786954917203280710495801049370729644032" = 1' 0"  
 206. 1/102844034832575377634685573909834406561420991602098741459288064" = 1' 0"  
 207. 1/205688069665150755269371147819668813122841983204197482918576128" = 1' 0"  
 208. 1/411376139330301510538742295639337626245683966408394965837152256" = 1' 0"  
 209. 1/822752278660603021077484591278675252491367932816789931674304512" = 1' 0"  
 210. 1/1645504557321206042154969182557350504982735865633579863348609024" = 1' 0"  
 211. 1/3291009114642412084309938365114701009965471731267159726697218048" = 1' 0"  
 212. 1/6582018229284824168619876730229402019930943462534319453394436096" = 1' 0"  
 213. 1/13164036458569648337239753460458804039861886925068638906788872192" = 1' 0"  
 214. 1/26328072917139296674479506920917608079723773850137277813577744384" = 1' 0"  
 215. 1/52656145834278593348959013841835216159447547700274555627155488768" = 1' 0"  
 216. 1/105312291668557186697918027683670432318895095400549111254310977536" = 1' 0"  
 217. 1/210624583337114373395836055367340864637790190801098222508621955072" = 1' 0"  
 218. 1/421249166674228746791672110734681729275580381602196445017243910144" = 1' 0"  
 219. 1/842498333348457493583344221469363458551160763204392890034487820288" = 1' 0"  
 220. 1/1684996666696914987166688442938726917102321526408785780068975640576" = 1' 0"  
 221. 1/3369993333393829974333376885877453834204643052817571560137951281152" = 1' 0"  
 222. 1/6739986666787659948666753771754907668409286105635143120275902562304" = 1' 0"  
 223. 1/13479973333575319897333507543509815336818572211270286240551805124608" = 1' 0"  
 224. 1/26959946667150639794667015087019630673637144422540572481103610249216" = 1' 0"  
 225. 1/53919893334301279589334030174039261347274288845081144962207220498432" = 1' 0"  
 226. 1/1078397866686025591786680603480

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 30 Nopember 1988 dan merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Putra pasangan Bapak Erwianto (alm) dan Ibu Triyoga Ningsih ini menempuh pendidikan mulai dari TK ABA III 1993-1995, Sekolah Dasar Negeri Endrakila 1995-2001, SMP Negeri 1 Madiun 2001-2004, dan SMA Negeri 2 Mdiun 2004-2007.

Setelah menyelesaikan studi di jenjang SMA, penulis diterima di Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur SPMB. Penulis mengambil program studi Rekayasa Perkapalan – Perancangan Kapal di Jurusan Teknik Perkapalan. Selama masa studi penulis melakukan kerja praktek di PT Dok Kodja Bahari Jakarta dan Galangan PT PAL Surabaya. Penulis juga aktif di kegiatan serta organisasi mahasiswa, menjadi sekretaris kabinet BEM FTK periode 2009/2010 dan ikut serta menjadi panitia pada kegiatan SAMPAN (Semarak Mahasiswa Teknik Perkapalan) ITS.

Penulis mengambil Tugas Akhir dalam bidang Rekayasa Perkapalan – Perancangan Kapal dengan judul “Desain *Self-Propelled Coal Barge* Sebagai Sarana Angkutan Batubara Rute Tanah Merah (Kalimantan) - PLTU Paiton (Jawa)”

Email : [whinda.ari@gmail.com](mailto:whinda.ari@gmail.com)